



<http://www.ghei.com.cn>

# 图解元器件 识别、检测与应用

◎ 王学屯 编著



电子工业出版社  
Publishing House of Electronics Industry

看图学技能大讲堂

# 图解元器件识别、检测与应用

王学屯◎编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书是看图学技能大讲堂系列图书之一，内容新颖，知识点较多，语言通俗易懂。“图解形式”的讲解方式使读者学习起来十分轻松愉快，操作起来也更加容易上手。基本上避免了烦琐的理论讲述，对于需要学习和掌握电子元器件的读者来说，是一本难得的工具型、资料型图书。

编排上真正体现了图文并茂，重视语言的简练与朴实，精美的图片配有清晰的标注、操作步骤或提示，读者可边看边练边模仿。

本书可供农村电工、农村劳动力转移技能培训、各种技能培训班、电子爱好者、家电维修维修人员学习使用，也可作为各职业技术学院维修相关专业的培训教材。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

### 图书在版编目（CIP）数据

图解元器件识别、检测与应用 / 王学屯编著. —北京：电子工业出版社，2013.7

（看图学技能大讲堂）

ISBN 978-7-121-20824-9

I. ①图… II. ①王… III. ①元器件—图解 IV. ①TB4-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 137148 号

策划编辑：柴 燕

责任编辑：桑 昀

印 刷：

装 订：

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1 092 1/16 印张：15.25 字数：404 千字

印 次：2013 年 7 月第 1 次印刷

印 数：4 000 册 定价：39.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 [zltz@phei.com.cn](mailto:zltz@phei.com.cn)，盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线：（010）88258888。

当下我们生活的时代，正随着高科技产品的发展而变得日益丰富多彩，从航天器材到潜水艇，从工矿设备到家用电器，这些高科技产品的存在改变着人们的生活。而电子电路在这些高科技产品中扮演了重要的角色。无论是简易的电子产品，还是复杂的电气设备，都离不开电子电路。电子电路的最小单元——电路是由一个个电子元器件组成的。随着电子技术的发展和普及应用，各种新型电子元器件层出不穷，在电子产品中发挥着越来越重要的作用。目前，我国已成为电子元器件和电子设备的生产和销售大国，从事电子产品设计、生产、调试和维修的人员也越来越多，他们都需要了解和掌握电子元器件的检测、识别及相关知识。因此，识别与检测电子元器件是电器装配、检修的基础，也是电子电工电路制作、设计的入门技能。

假如你只有一块指针式万用表或数字式万用表，你能很好地利用它吗？能把它实实在在地变通为“万用功能”的仪表吗？你如何通过一定的检测方法来粗略检测电阻、电容、电感、各种晶体管、集成电路、电声器件、连接器件、显示器件及自动控制器件等？

若你能抽点时间阅读或参考此书，根据兴趣爱好再动动手，以上问题会得到一个满意的答案！

本书是看图学技能大讲堂系列图书之一，是在《常用元器件的识别与检测》的基础上进行了适当修订，增加了大量贴片元器件的介绍；同时，用大量的图片形式来展现内容，更具有可读性与趣味性。

编排上真正体现了图文并茂，重视语言的简练与朴实，精美的图片配有清晰的标注、操作步骤或提示，读者可边看边练边模仿。

本书内容新颖，知识点较多，语言通俗易懂。“图解形式”的讲解方式使读者学习起来十分轻松愉快，操作起来也更加容易上手。基本上避免了烦琐的理论讲述，对于需要学习和掌握电子元器件的读者来说，是一本难得的工具型、资料型图书。

本书具有以下特点：

（1）起点低，范围广，通俗易懂。从电子元器件的基础知识讲起，详尽地介绍了元器件的外形、特点、命名方法、主要技术指标、各种识别与检测方法等。

（2）插图精美。以大量的实物图充实内容，方便初学者认识与学习。

（3）同一元器件采用两种万用表进行检测。同一元器件既可采用指针式万用表又可采用数字式万用表检测。

（4）资料性较强。在编写内容上能详则详，方法上能简则简，数据上能精则精，判断上能准则准。

（5）增加新型元器件。新型元器件是电子产品更新换代的产物，可降低成本，提高整机性能，因此，在内容选排上增加了新型元器件的分类、命名、识别及检测方法。



本书由王学屯编著，参加编写的还有高选梅、刘军朝、王米米、王琼琼、孙文波、耿世昌、王翌敏、党涛、王江南、赵广建、任建波和任宝珍等。本书在编写过程中，还参考了大量的其他相关书目及资料，在此一并向这些书目及资料的编著者表示最诚挚的感谢！

由于编者水平有限，且时间仓促，书中难免出现谬误之处，恳请各位读者不吝赐教，以便使之日臻完善，在此表示感谢！

本书可供农村电工、农村劳动力转移技能培训、各种技能培训班、电子爱好者、家电维修售后维修人员学习使用，也可作为各职业技术学院维修相关专业的培训教材。

编 著 者

<b>第 1 章 电阻的识别与检测</b>	1
1.1 电阻的分类	1
1.1.1 通孔电阻的外形及特点	2
1.1.2 贴片电阻的外形及特点	7
1.1.3 电阻的外形、特点及电路符号	9
1.2 电阻的识别	10
1.2.1 通孔电阻的识别	10
1.2.2 贴片电阻的识别	24
1.3 电阻的检测	28
1.3.1 通孔电阻的检测	28
1.3.2 贴片电阻的检测	33
<b>第 2 章 电容的识别与检测</b>	34
2.1 电容的分类	34
2.1.1 通孔电容的分类	35
2.1.2 贴片电容的分类	38
2.2 电容的识别	39
2.2.1 通孔电容的识别	39
2.2.2 贴片电容的识别	44
2.3 电容的检测	48
2.3.1 指针式万用表检测电容	48
2.3.2 数字式万用表检测电容	50
<b>第 3 章 电感的识别与检测</b>	51
3.1 电感的分类	51
3.1.1 通孔电感的分类	52
3.1.2 贴片电感的分类	57
3.2 电感的识别	58
3.2.1 通孔电感的识别	58
3.2.2 贴片电感的识别	62
3.3 电感的检测	65
3.3.1 通孔电感的检测	65
3.3.2 变压器的检测	66

第4章 二极管的识别与检测	69
4.1 二极管的分类	69
4.1.1 二极管的外形及特点	70
4.1.2 贴片二极管	76
4.2 二极管的识别	79
4.2.1 国产二极管的型号命名	80
4.2.2 日本晶体管的型号命名	81
4.2.3 美国晶体管的型号命名	83
4.2.4 国际电子联合会半导体器件的型号命名	83
4.2.5 二极管的主要技术指标	84
4.2.6 二极管的识别	85
4.3 二极管的检测	91
4.3.1 普通二极管的检测	91
4.3.2 特殊二极管的检测	92
第5章 三极管的识别与检测	98
5.1 三极管的分类	98
5.1.1 通孔三极管的外形及特点	98
5.1.2 贴片三极管的外形及特点	99
5.1.3 几种特殊三极管的外形及特点	100
5.2 三极管的识别	102
5.2.1 国产三极管的型号命名	102
5.2.2 国外三极管的型号命名	103
5.2.3 三极管的封装形式及引脚识别	104
5.2.4 三极管的主要技术指标	111
5.3 三极管的检测	112
5.3.1 指针式万用表检测三极管	112
5.3.2 数字式万用表检测三极管	114
5.3.3 三极管几个参数的检测	116
第6章 场效应管、晶闸管和单结晶体管的识别与检测	117
6.1 场效应管的识别与检测	117
6.1.1 场效应管的分类	117
6.1.2 场效应管的型号命名	118
6.1.3 场效应管的识别	118
6.1.4 场效应管的检测	119
6.1.5 场效应管使用注意事项	120
6.2 晶闸管的识别与检测	120
6.2.1 晶闸管的分类	120
6.2.2 晶闸管的型号命名	123
6.2.3 晶闸管的识别	124

6.2.4 晶闸管的检测·····	124
6.3 单晶体管的识别与检测·····	127
6.3.1 单晶体管的结构、外形及特点·····	127
6.3.2 单晶体管的型号命名·····	127
6.3.3 单晶体管的主要参数·····	128
6.3.4 单晶体管的检测·····	128
<b>第7章 常用集成电路的识读与检测·····</b>	<b>129</b>
7.1 集成电路的分类·····	129
7.2 集成稳压器·····	130
7.2.1 集成稳压器的分类·····	130
7.2.2 集成稳压器的主要技术指标·····	134
7.3 集成运算放大器的分类、特点及外形·····	134
7.4 集成音频功率放大器的分类、特点及外形·····	135
7.5 集成电路的识别·····	136
7.5.1 国产集成电路的型号命名·····	136
7.5.2 国外集成电路的型号命名·····	137
7.5.3 集成电路的封装形式·····	140
7.5.4 集成电路的引脚识别·····	143
7.6 集成电路的检测·····	145
7.6.1 直流电阻检测法·····	146
7.6.2 总电流测量法·····	147
7.6.3 对地交、直流电压测量法·····	147
7.6.4 集成电路质量好坏的判断方法·····	148
<b>第8章 机电元件的识别与检测·····</b>	<b>150</b>
8.1 开关的识别与检测·····	150
8.1.1 开关的分类·····	150
8.1.2 开关的主要技术指标·····	156
8.1.3 开关的电路符号·····	157
8.1.4 开关的检测·····	157
8.2 连接器·····	158
8.2.1 连接器的分类·····	158
8.2.2 连接器的检测·····	163
<b>第9章 电-声换能器件的识别与检测·····</b>	<b>165</b>
9.1 扬声器·····	165
9.1.1 扬声器的分类·····	165
9.1.2 扬声器的主要性能指标和特征·····	168
9.1.3 电-声器件的型号命名·····	169
9.1.4 扬声器的检测·····	170
9.2 耳机·····	172

9.2.1 耳机的分类 .....	173
9.2.2 耳机的型号命名和参数 .....	175
9.2.3 耳机的检测 .....	176
9.3 压电蜂鸣片、蜂鸣器 .....	177
9.3.1 压电蜂鸣片、蜂鸣器的分类 .....	177
9.3.2 YYS12 系列音乐声蜂鸣器 .....	178
9.3.3 压电蜂鸣片、蜂鸣器的检测 .....	179
9.4 话筒 .....	180
9.4.1 话筒的分类、特点及外形 .....	180
9.4.2 话筒的型号命名 .....	182
9.4.3 话筒的主要技术指标 .....	182
9.4.4 话筒的检测 .....	183
<b>第 10 章 LED 显示器件的识别与检测 .....</b>	<b>186</b>
10.1 数码管 .....	186
10.1.1 数码管的分类 .....	186
10.1.2 数码管的型号命名 .....	187
10.1.3 数码管的内部连接方式 .....	187
10.1.4 数码管的主要参数 .....	189
10.1.5 数码管的检测 .....	189
10.2 点阵 .....	191
10.2.1 点阵的外形结构及特点 .....	191
10.2.2 点阵的型号命名 .....	193
10.2.3 点阵的检测 .....	193
<b>第 11 章 石英晶体振荡器的识别与检测 .....</b>	<b>196</b>
11.1 石英晶体振荡器 .....	196
11.1.1 石英晶体振荡器的分类 .....	196
11.1.2 石英晶体振荡器的等效电路与识别 .....	197
11.1.3 石英晶体振荡器的型号命名 .....	197
11.1.4 石英晶体振荡器的主要参数 .....	198
11.1.5 晶振的检测 .....	199
11.2 陶瓷谐振元件 .....	200
11.2.1 陶瓷谐振元件的分类、特点及外形 .....	201
11.2.2 陶瓷谐振元件的型号命名 .....	202
11.2.3 陶瓷滤波器的检测 .....	202
<b>第 12 章 控制及自动控制元件的识别与检测 .....</b>	<b>204</b>
12.1 继电器 .....	204
12.1.1 继电器的分类 .....	204
12.1.2 继电器的型号命名 .....	207
12.1.3 电磁继电器的主要技术指标 .....	209

12.1.4 继电器的检测 .....	209
12.2 熔断器 .....	213
12.2.1 普通熔断器的分类及特点 .....	213
12.2.2 热熔断器的分类及特点 .....	213
12.2.3 自恢复熔断器的分类及特点 .....	215
12.2.4 熔断器的检测 .....	216
12.3 温控器 .....	217
12.3.1 温控器的分类及特点 .....	217
12.3.2 温控器的检测 .....	220
附录 .....	221
附录 A 万用表简介及使用方法 .....	221
附录 B 常用半导体三极管的主要参数 .....	226
附录 C 常用 1N 系列二极管的主要参数 .....	228
附录 D 常用稳压二极管的主要参数 .....	228
附录 E 常用元器件封装图 .....	229
参考文献 .....	233

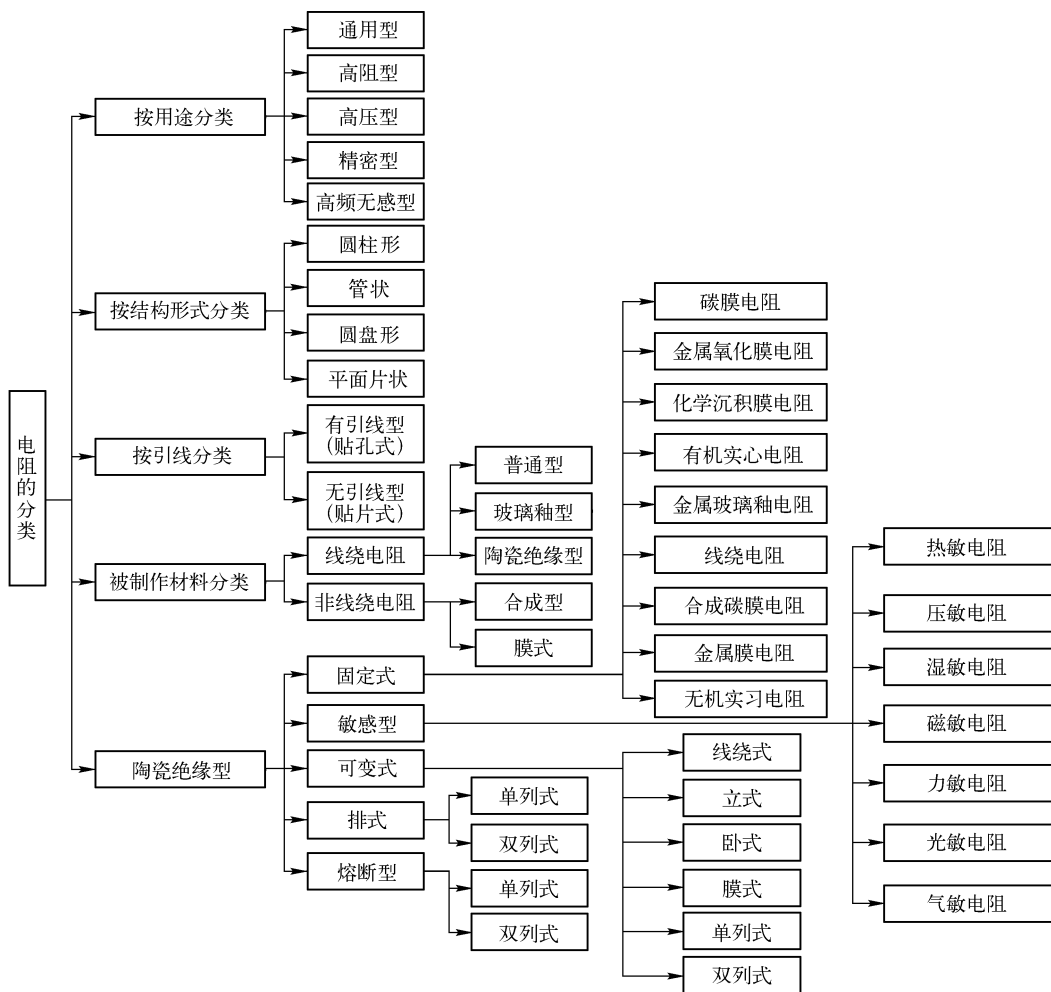


# 电阻的识别与检测

电阻是应用最广泛的一种电子元器件，在电子设备中约占元件总数的 30%以上，其质量的好坏对电路的性能有极大影响。电阻的主要用途是稳定和调节电路中的电压和电流，还可以作为分流器、分压器和消耗电能的负载等。

## 1.1 电阻的分类

电阻的分类如下图所示。



在实际工作中，电阻器通常简称为电阻。常用电阻按在印制板上的安装方式分为通孔电阻（THT）和表面组装式（简称贴片式，SMT）电阻两大类。

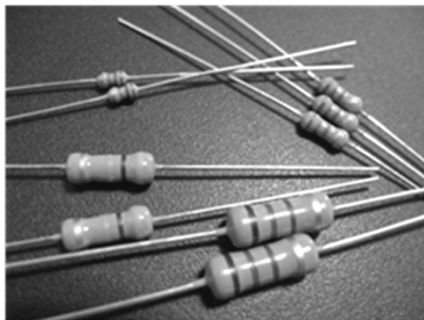
### 1.1.1 通孔电阻的外形及特点

#### 一、普通电阻的外形及特点

普通电阻是电子设备中应用最多的电子器件，其主要功能是通过分压电路提供其他元器件所需的电压或通过限流电路提供其他元器件所需的电流。常见的普通电阻器有以下几种。

##### 1. 碳膜电阻

碳膜电阻（见右图）以碳膜作为基本材料，利用浸渍或真空蒸镀形成结晶的电阻膜（碳膜）。电阻值通过在碳膜上刻螺旋槽来标注，电阻体的两端用镀锡铜丝和镀锡环来连接，属于通用型电阻。



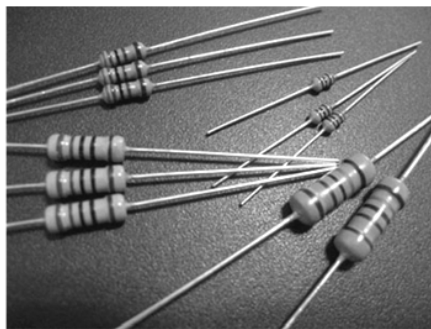
##### 2. 金属氧化膜电阻

金属氧化膜电阻（见右图）是在陶瓷机体上蒸镀一层金属氧化膜，然后再涂一层硅树脂胶，使电阻的表面坚硬而不易损坏。金属氧化膜电阻的电感很小，与同样体积的碳膜电阻相比，其额定负荷大大提高。



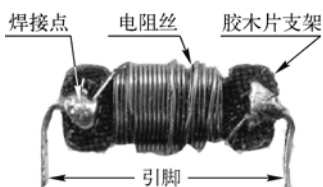
##### 3. 金属膜电阻

金属膜电阻（见右图）以特种稀有金属作为电阻材料，在陶瓷基体上，利用厚膜技术进行涂层和焙烧形成电阻膜，也可以采用薄膜技术中掩膜蒸镀的方法来形成电阻膜，电阻值的大小通过刻槽或改变金属膜的厚度来控制。金属膜电阻的工作稳定性高，噪声低，但成本较高，通常用于精度要求较高的场合。



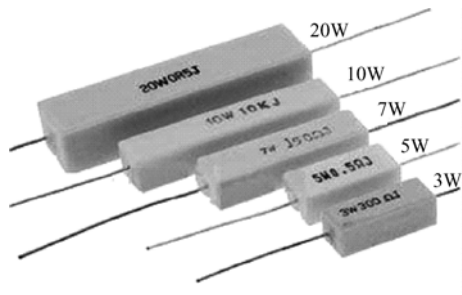
##### 4. 线绕电阻

线绕电阻（见右图）是将电阻线绕在耐热瓷体上，表面涂以耐热、耐湿、耐腐蚀的不燃性涂料保护层制作而成。线绕电阻与额定功率相同的薄膜电阻相比，具有体积小



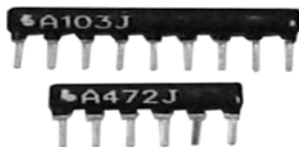
## 5. 水泥电阻

水泥电阻（见右图）也是一种线绕电阻，它是将电阻线绕于无碱性耐热瓷体上，外面加上耐热、耐湿及耐腐蚀材料保护层固定而成的。水泥电阻通常把电阻体放入方形瓷框内，用特殊不燃性耐热水泥填充密封而成。



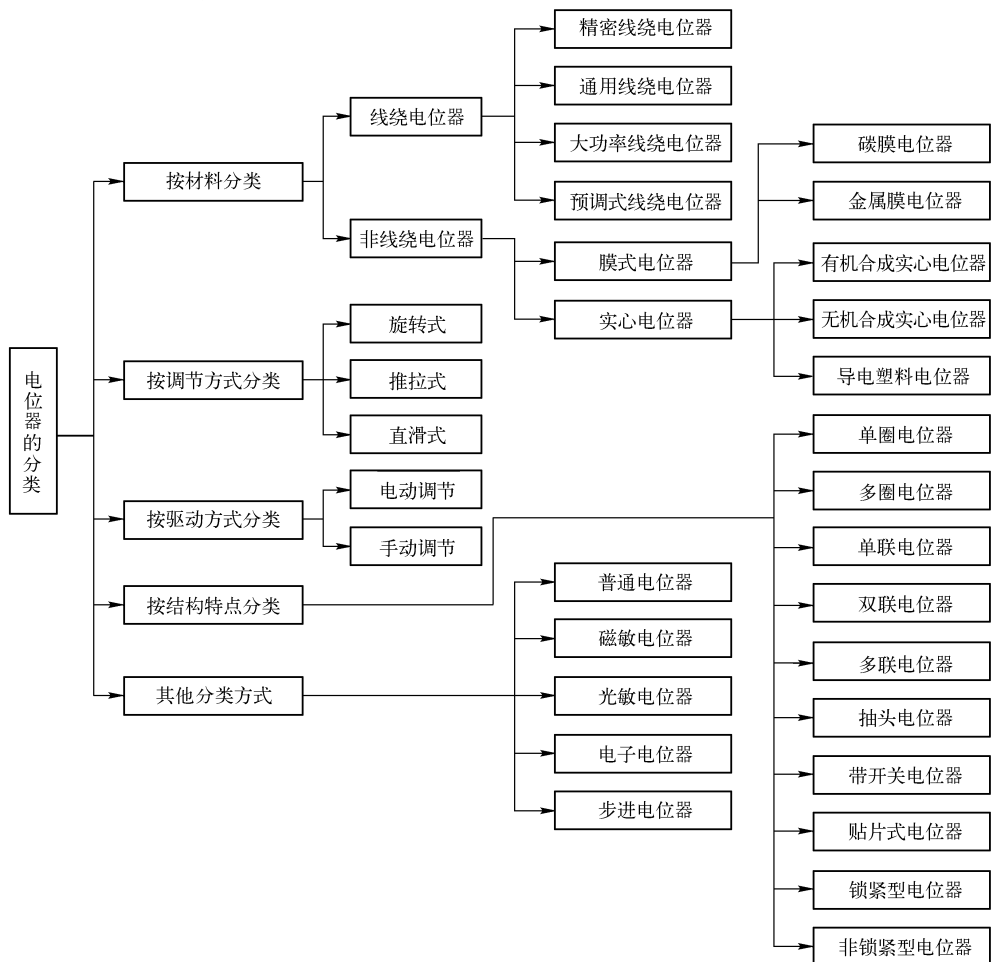
## 6. 网络电阻

网络电阻（见右图）又称排阻。网络电阻是一种将多个电阻按一定规律排列集中封装在一起，组合而成的复合电阻。网络电阻有单列式（SIP）和双列直插式（DIP）两种结构，其中单列式用得最多，排阻具有体积小，安装方便等优点，广泛应用于各种电子电路中，经常与大规模集成电路（如 CPU 等）配合使用。



## 二、可变电阻的外形及特点

可变电阻又称电位器，其分类如下图所示。

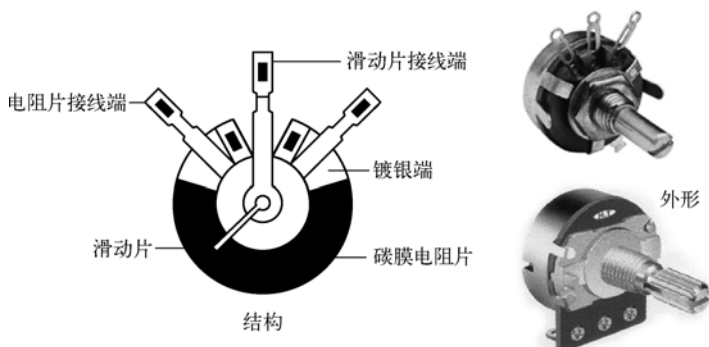


可变电阻通过调节转轴使它的输出电阻发生改变，从而达到改变电位的目的，这种连续可调的电阻又称为电位器。

电位器的共同特点是都有一个或多个机械滑动接触端，通过调节滑动接触端即可改变电阻值，从而达到调节电路中各种电压、电流的目的。

### 1. 碳膜电位器

碳膜电位器（见右图）是目前使用最多的一种电位器。其主要特点是分辨率高、阻值范围大，滑动噪声大、耐热耐湿性较差。



### 2. 线绕式电位器

线绕式电位器（见右图）是将电阻丝绕在圆柱形的绝缘体上构成的，通过滑动滑柄或旋转转轴实现电阻值的调节。线绕式电位器属于功率型电阻器，具有噪声低、温度特性好、额定负荷大等特点，主要用于各种低频电路电压或电流的调节。



### 3. 贴片式电位器

贴片式电位器（见右图）是一种无手动旋转轴的超小型直线式电位器，调节时需借助辅助工具。贴片式电位器的负荷能力较小，一般用于通信、家电等电子产品中。



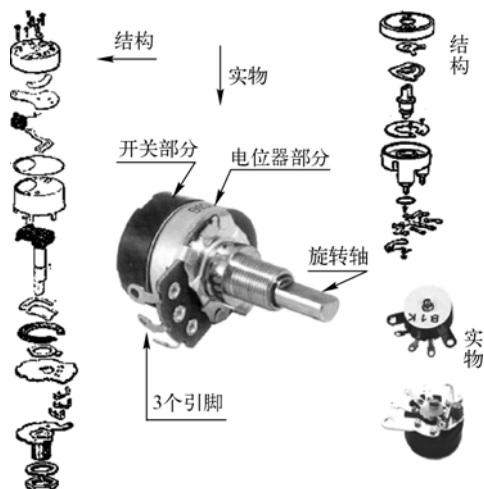
### 4. 微调电位器

微调电位器（见右图）一般用于阻值不需频繁调节的场合，通常由专业人员完成调试，不允许用户随便调节。微调电位器有多个品种，其中精密多圈微调电位器的电阻丝匝数为 2~40，它的误差很小，阻值变化的线性度好，分辨率高，并且有较大的负荷能力。



### 5. 带开关电位器

带开关电位器（见右图）是将开关与电位器合为一体，通常用在需要对电源进行开关控制及音量调节的电路中，主要用在收音机、随身听、电视机等电子产品中。

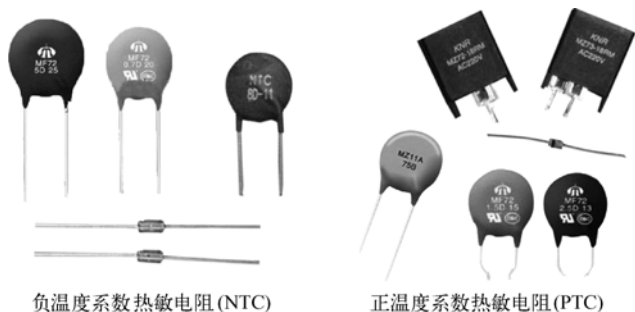


## 三、敏感电阻的外形及特点

敏感电阻种类较多，电子电路中应用较多的有热敏电阻、光敏电阻、压敏电阻、气敏电阻、湿敏电阻、磁敏电阻等。

### 1. 热敏电阻

热敏电阻（见右图）有正温度系数热敏电阻（PTC）和负温度系数热敏电阻（NTC）两种。正温度系数热敏电阻是一种具有温度敏感性的电阻，一旦温度超过一定数值（居里温度），其电阻值随温度的升高而呈阶跃式增大。负温度系数热敏电阻的电阻值随温度的升高而降低。



### 2. 光敏电阻

光敏电阻（见右图）又叫光敏电阻，是利用半导体的光电效应制成的，电阻值随入射光的强弱而改变；入射光强，电阻值减小，入射光弱，电阻值增大。光敏电阻一般用于光的测量、光的控制和光电转换（将光的变化转换为电的变化）等场合。



### 3. 压敏电阻

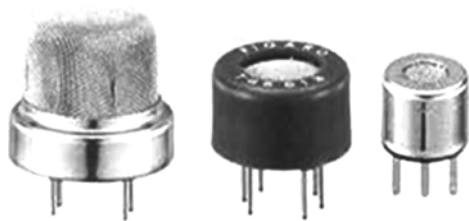
压敏电阻（见右图）是利用半导体材料的非线性制成的一种特殊电阻，是一种在某一特定电压范围内其电导随电压的增加而急剧增大的敏感元件，主要用于电路稳压和过压保护，是家用电器中的“安全卫士”。当压敏电阻两端的电压低于其标称电压时，其内部的晶界层几乎是绝缘的，呈高阻抗状态；当压敏电阻两端的电压（遇到浪涌过电压、操作过电压等）高于其标称电压时，其内部晶界层的阻值急剧下降，呈低阻抗状态，外来的浪涌过电压、操作过电压就通过压敏电阻以



放电电流的形式被泄放掉，从而对电路起到过压保护作用。

#### 4. 气敏电阻

气敏电阻（见右图）是利用气体的吸附而使半导体本身的电导率发生变化这一原理，将检测到的气体成分和浓度转换为电信号的电阻。



#### 5. 湿敏电阻

湿敏电阻（见右图）是利用湿敏材料吸收空气中的水分而导致本身电阻值发生变化这一原理制成的电阻。



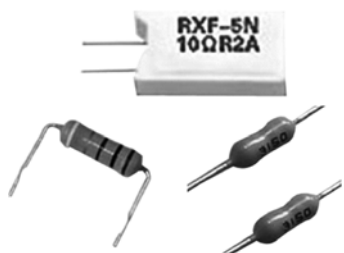
#### 6. 磁敏电阻

磁敏电阻（见右图）是利用半导体的磁阻效应制成的电阻，常用 InSb（锑化铟）材料加工而成。



#### 7. 保险电阻

保险电阻（见右图）又叫安全电阻或熔断电阻，是一种兼电阻器和熔断器双重作用的功能元件。在正常情况下，保险电阻与普通电阻一样，具有降压、分压、耦合、匹配等多种功能和同样的电气特性。而一旦电路出现异常，如电路发生短路或过载，此时流过保险电阻的电流会大大增加。当流过保险电阻的电流超过它的额定电流，使其表面温度达到  $500\sim 600^{\circ}\text{C}$  时，电阻层便会迅速剥落熔断，从而保护电路中其他的元件免遭损坏，并防止故障的扩大。保险电阻的电阻值很小，一般为几欧至几十欧，并且大部分都是不可逆的，即熔断后不能恢复使用。



#### 8. 力敏电阻

力敏电阻（见右图）是一种阻值随压力变化而变化的电阻，国外称为压电电阻器。所谓压力电阻效应，即半导体材料的电阻率随机械应力的变化而变化的效应，可制成各种力矩计、半导体话筒、压力传感器等。主要品种有硅力敏电阻器、砷镓合金力敏电阻器，相对而言，合金电阻具有更高的灵敏度。力敏电阻是使用很广泛的一种传感器，它是生产过程中自动化检测环节的重要部件。力敏电阻的种类很多，



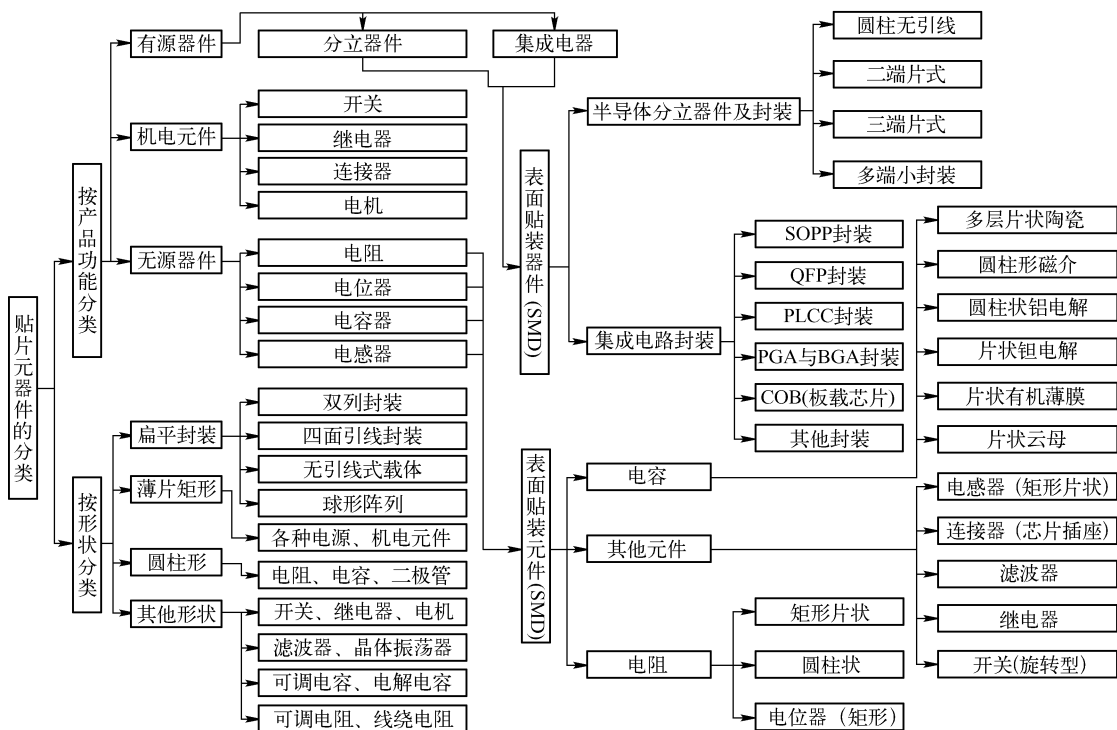


有直接将压力转换为电量的,如压电式、压阻式等;有将压力经弹性敏感元件转换后再转换成电量的,如电阻式、电容式和电感式等。力敏电阻主要用于测力和称重两个方面。

### 1.1.2 贴片电阻的外形及特点

#### 一、贴片元器件的分类

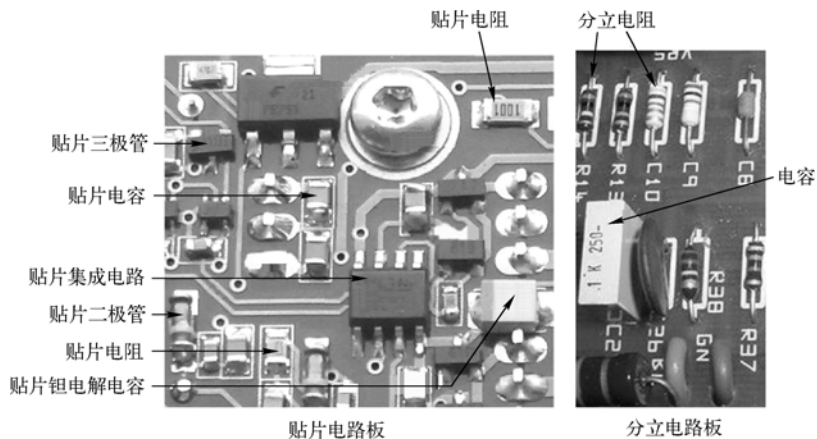
贴片元器件的分类如下图所示。



#### 二、贴片电阻的外形及特点

##### 1. 贴片元器件概述

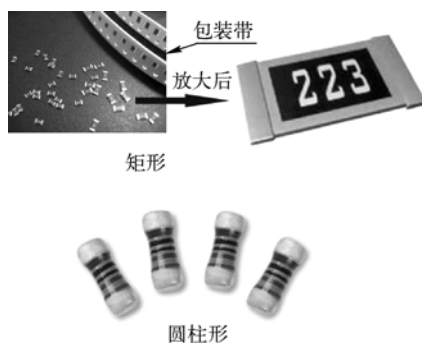
近年来,表面贴片元器件(又称片状元器件,见右图)被广泛应用于计算机、通信设备和音/视频产品中。手机、数码照相机、数码摄/录像机、MP3、CD随身听等数码电子产品功能越来越强,体积越来越小,片状元器件和表面贴片式安装技术



(SMT) 的采用在其中起着决定作用。片状元器件外形多呈薄片状, 大部分没有引出线, 有的元器件两端仅有非常短小的引出线, 相邻电极之间的距离很小。片状元器件直接贴在电路板表面, 将电极焊接在与元器件同一面的焊盘上。表面贴片元器件安装密度高, 减小了引线分布参数的影响, 降低了寄生电容和电感, 高频特性好, 并增强了抗电磁干扰和射频干扰的能力。

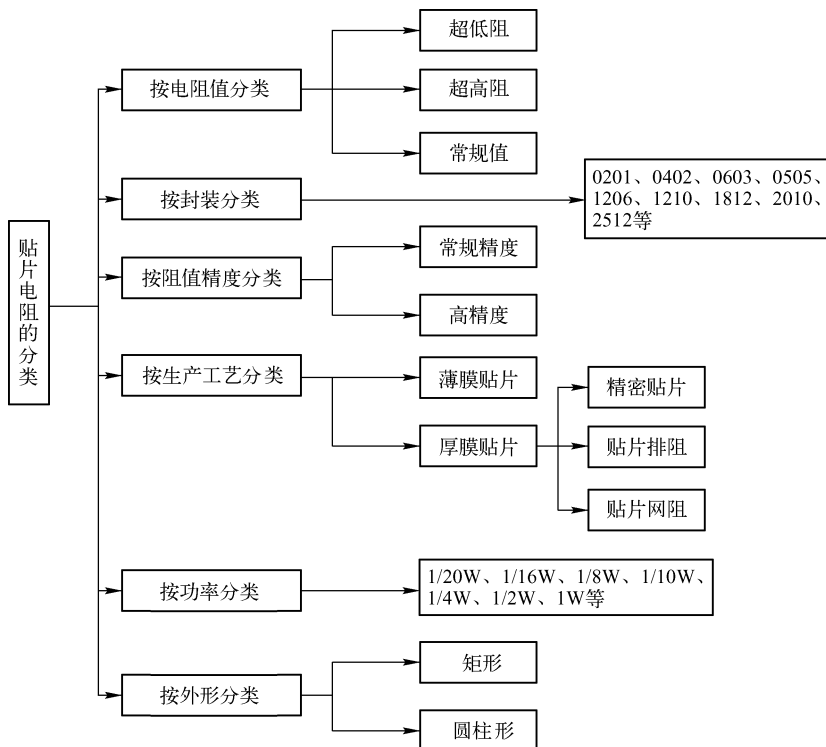
## 2. 贴片电阻

贴片电阻 (见右图) 又称表面安装电阻, 是小型电子线路的理想元件。它是把很薄的碳膜或金属合金涂覆到陶瓷基底上, 电子元件和电路板的连接直接通过金属封装端面, 无须引脚, 主要有矩形和圆柱形两种。



## 3. 贴片电阻的分类

贴片电阻的分类如下图所示。




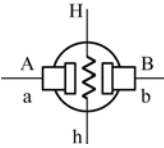

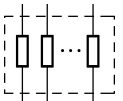

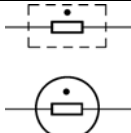

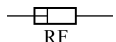
## 1.1.3 电阻的外形、特点及电路符号

电阻的外形、特点及电路符号参见表 1.1。

表 1.1 电阻的外形、特点及电路符号

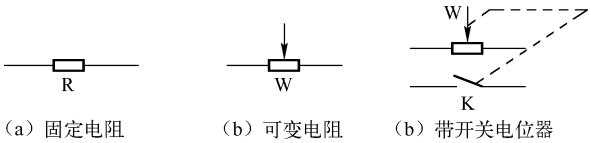
种 类	外 形	特 点	电 路 符 号
THT 固定电阻器		只有两个引脚沿中心轴线伸出，一般不区分正负极。常有碳膜电阻器、合成碳膜电阻器、金属膜电阻器、金属氧化膜电阻器、化学沉积膜电阻器、玻璃釉膜电阻器、金属氮化膜电阻器等	
SMT 固定电阻器		贴片电阻器是金属玻璃釉电阻的一种形式，它的电阻体是高可靠的钎系列玻璃釉材料经过高温烧结而成，电极采用银钯合金浆料。体积小，精度高，稳定性好，由于其为片状元件，所以高频性能良好。贴片电阻器一般两端为银白色，中间大部分为黑色，一般采用数标法表示其阻值	
电位器		合成碳膜电位器，它将经过研磨的碳黑、石墨、石英等材料涂敷于基体表面而成，制造工艺简单，是目前应用最广泛的电位器。优点是分辨力高，耐磨性好，寿命较长。缺点是非线性电流噪声大，耐潮性及阻值稳定性差	
微调电阻器		微调电阻器一般有三个引脚，包括 2 个定片引脚和 1 个动片引脚，设有一个可变动片，从而可改变电阻器的电阻值	
线绕电阻器		线绕电阻器是用高阻合金线绕在绝缘骨架上制成的，外面涂有耐热的釉绝缘层或绝缘漆。它具有较低的温度系数，阻值精度高，稳定性好，耐热耐腐蚀，主要作为精密大功率电阻使用，缺点是高频性能差，时间常数大	
水泥电阻器		水泥电阻器是采用陶瓷、矿质材料封装的电阻器件，其特点是功率大，电阻值小，具有良好的阻燃、防爆特性	
压敏电阻器		压敏电阻器主要有碳化硅和氧化锌压敏电阻，氧化锌具有更多的优良特性。压敏电阻器的主要特性是：当两端所加电压在标称额定值以内时，其电阻值几乎为无穷大，处于高阻状态，对受保护的电子器件（或电路）没有影响；当两端电压稍微（瞬间过高）超过额定电压时，其电阻值急剧下降，立即处于导通状态，从而使原电路短路，保护受保护电路或组件	
热敏电阻器		热敏电阻器是利用导体的电阻随温度变化的特性制成的测温元件。热敏电阻器按阻值的温度系数可分为正温度系数热敏电阻（PTC）和负温度系数热敏电阻（NTC）两种	
光敏电阻器		光敏电阻器是导电率随着光线强度的变化而变化的电子元件，当某种物质受到光照时，载流子的浓度增加，从而增加了电导率，这就是光电效应	

续表

种 类	外 形	特 点	电 路 符 号
气敏电阻器		气敏电阻器是利用某些半导体吸收某种气体后发生氧化还原反应的原理制成的，主要成分是金属氧化物，主要品种有金属氧化物气敏电阻、复合氧化物气敏电阻、陶瓷气敏电阻等	
排阻		排阻是厚膜网络电阻，通过在陶瓷基片上丝网印刷形成电极和电阻，并印有玻璃保护层。有坚硬的钢夹接线柱，用环氧树脂包封，适用于密集度高的电路装配	
湿敏电阻器		湿敏电阻主要由感湿层、电极、绝缘体组成，湿敏电阻主要包括氯化锂湿敏电阻器、碳湿敏电阻器、氧化物湿敏电阻器	
熔断电阻器		熔断电阻器是一种具有电阻器和熔断器双重作用的特殊元件，又称保险电阻。它在电路中用字母“RF”或“R”表示。熔断电阻可分为可恢复式熔断电阻器和一次性熔断电阻器	

1.2 电阻的识别

电阻参数的识读主要包括标称阻值、功率及误差。在电路原理图中，固定电阻通常用大写英文字母“R”表示，可变电阻通常用大写英文字母“W”表示，排阻通常用大写英文字母“RN”表示。在电路原理图中，电阻的图形符号如下图所示。



电阻值大小的基本单位是欧姆（Ω），简称欧。常用单位还有千欧（kΩ）、兆欧（MΩ）。它们之间的换算关系是：1MΩ=10<sup>3</sup>kΩ=10<sup>6</sup>Ω。

1.2.1 通孔电阻的识别

一、通孔电阻和电位器的型号命名方法

根据国家标准 GB/T 247 0—1995 的规定，通孔式电阻和电位器的型号（见右图）由 3 部分或 4 部分组成，各部分的主要含义参见表 1.2。

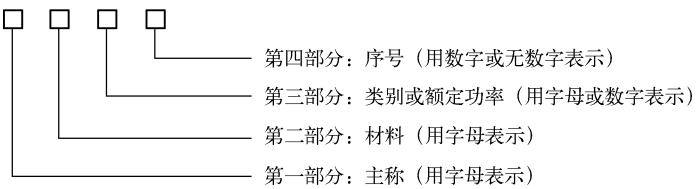


表 1.2 通孔式电阻和电位器的型号命名

第一部分：主称		第二部分：材料		第三部分：特征分类			第四部分：序号
符号	意义	符号	意义	符号	意义		
					电阻器	电位器	
R	电阻器	T	碳膜	1	普通	普通	对主称、材料相同， 仅性能指标、尺寸大小有差别，但基本不影响 互换使用的产品，给予同一序号；若性能指 标、尺寸大小明显影响 互换时，则在序号后面 用大写字母作为区别代 号
		H	合成膜	2	普通	普通	
		S	有机实芯	3	超高频	—	
W	电位器	N	无机实芯	4	高阻	—	
		J	金属膜	5	高温	—	
		Y	氧化膜	6	—	—	
		C	沉积膜	7	精密	精密	
		I	玻璃釉膜	8	高压	特殊函数	
		P	硼碳膜	9	特殊	特殊	
		U	硅碳膜	G	高功率	—	
		X	线绕	T	可调	—	
		M	压敏	W	—	微调	
		G	光敏	D	—	多圈	
		R	热敏	B	温度补偿用	—	
				C	温度测量用	—	
				P	旁热式	—	
				W	稳压式	—	
				Z	正温度系数	—	

通孔电阻型号命名示意图如下图所示。

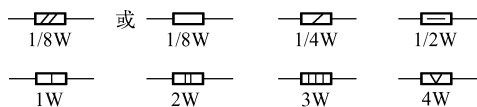
$\frac{RT15}{\text{型号}}$        $\frac{1/2W}{\text{额定功率}}$        $\frac{472}{\text{标称阻值}(4.7k\Omega)}$        $\frac{K}{\text{允许偏差}(\pm 10\%)}$   
 (a) RT15型碳膜固定电阻器

$\frac{RS11}{\text{型号}}$        $\frac{1/2W}{\text{额定功率}}$        $\frac{472}{\text{标称阻值}(4.7k\Omega)}$        $\frac{K}{\text{允许偏差}(\pm 10\%)}$   
 (b) RS11型有机实芯电阻器

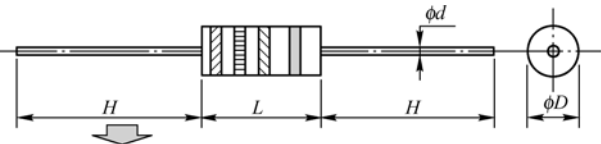
## 二、电阻的主要技术指标

### 1. 额定功率

电阻在电路中长时间连续工作而不损坏，或不显著改变其性能所允许消耗的最大功率称为电阻的额定功率。电阻的额定功率并不是电阻在电路中工作时一定要消耗的功率，而是电阻在电路工作中所允许消耗的最大功率，如右图所示。



通孔式电阻的额定功率与其体积大小成正比，体积越大，额定功率越大，如右图所示。



额定功率 (W)	L (mm)	φD (mm)	H (mm)	φd (mm)	产品质量 (mg)
1/4	6.3 ± 1	2.4 ± 0.2	27 ± 2	0.60 ± 0.05	约220
1/2	9.5 <sup>+0.8</sup> <sub>-0.7</sub>	3.6 ± 0.2	27 ± 2	0.70 ± 0.05	约410
1	15 <sup>+1.5</sup> <sub>-0.5</sub>	6.0 ± 0.1	28 ± 1.0	0.80 ± 0.01	约1133
2	15 <sup>+1.5</sup> <sub>-0.5</sub>	6.0 ± 0.1	28 ± 1.0	0.80 ± 0.01	约1133

2. 标称阻值

标称阻值通常是指电阻体表面上标注的电阻值，简称阻值。阻值是电阻的主要参数之一，不同类型的电阻，阻值范围不同，不同精度的电阻其阻值系列也不同。根据国家标准，常用的标称电阻值系列参见表 1.3。E24、E12 和 E6 系列也适用于电位器和电容器。

表 1.3 标称电阻值系列

系列与允许误差 E2	4 ± 5 % E1	2 ± 10 % E6	± 20 %
阻 值 系 列	1.0 1.	0	1.0
	1.1		
	1.2 1.	2	
	1.3		
	1.5 1.	5	1.5
	1.6		
	1.8 1.	8	
	2.0		
	2.2 2.	2	2.2
	2.4		
	2.7 2.	7	
	3.0		
	3.3 3.	3	3.3
	3.6		
	3.9 3.	9	
	4.3		
	4.7 4.	7	4.7
	5.1		
	5.6 5.	6	
	6.2		
	6.8 6.	8	6.8
	7.5		
	8.2 8.	2	
	9.1		
※ 表中数值再乘以 10 <sup>n</sup> ，其中 n 为正整数或负整数。			



### 3. 允许误差等级

电阻的允许误差等级参见表 1.4。

表 1.4 电阻的允许误差等级

允许误差 (%)	±0.001	±0.002	±0.005	±0.01	±0.02	±0.05	±0.1
等级符号	E X		Y	H	U	W	B
允许误差 (%)	±0.2	±0.5	±1	±2	±5	±10	±20
等级符号	C D		F	G	J (I)	K (II)	M (III)

### 4. 封装形式

电阻的封装形式就是指电阻的外部形状及体积大小。按照封装形式，电阻可以分为通孔电阻和贴片电阻。

通孔电阻是指在电路板上，元器件的焊盘位置必须钻孔（从顶层通到底层），让元器件引脚穿透 PCB，然后才能在焊盘上对该元器件的引脚进行焊接。

通孔电阻的封装名称通常为 AXIAL0.3、AXIAL0.4、……，如下图所示。AXIAL 意为轴状的，0.3、0.4、……则是焊盘的间距。例如，0.3 代表 0.3 英寸，也就是 300mil。

贴片电阻主要有 7 种系列尺寸，一般用两种尺寸代码来表示：一种尺寸代码是由 4 位数字组成的 EIA（美国电子工业协会）代码（英制代码），这种代码的前两位与后两位分别表示贴片电阻的长和宽（单位为 in）；另一种尺寸代码是由 4 位数字组成的米制代码（公制代码），它的前两位与后两位也分别表示贴片电阻的长和宽（单位为 mm）。贴片电阻的封装代码及尺寸参见表 1.5。

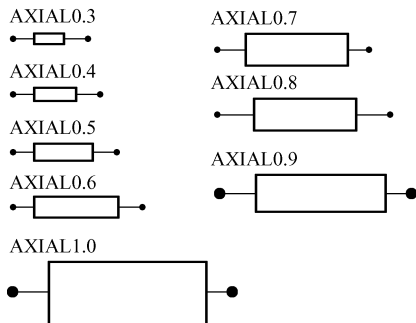


表 1.5 贴片电阻的封装代码及尺寸

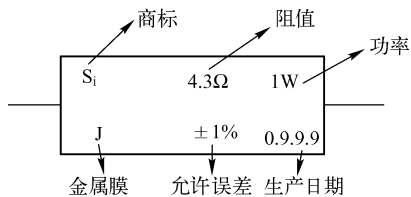
英制代码 (in)	公制代码 (mm)	长度 (mm)	宽度 (mm)	厚度 (mm)	额定功率(W)
0402	1005	1.0 0.	5 0.	5	1/16
0603 1608		1.55	0.8	0.4	1/16
0805 2012		2.0	1.25	0.5	1/10
1206 3216		3.1	1.55	0.55	1/8
1210 3225		3.2	2.6	0.55	1/4
2010 5025		5.0	2.5	0.55	1/2
2512 6432		6.3	3.15	0.55	1

### 三、电阻阻值的表示方法

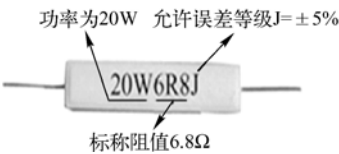
电阻阻值的表示方法主要有以下四种。

#### 1. 直标法

直标法（见右图）就是将电阻的阻值用数字和文字符号直接标注在电阻体上。其允许误差则用百分数表示，未标允许误差的电阻一般为±20%的允许误差。



例如，电阻体上标注的 20W6R8J，其含义如右图所示。



2. 文字符号法

文字符号法（见右图）就是将电阻的标称值和允许误差用数字和文字符号按一定的规律组合标注在电阻体上。



例如，电阻体上标注的 RJ71-0.125-5K1-II，其含义如右图所示。又如 1R5 表示 1.5Ω，2K7 表示 2.7kΩ。电阻标称值的文字符号及允许误差参见表 1.6。

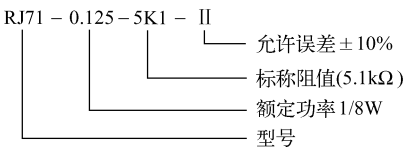


表 1.6 文字符号及允许误差

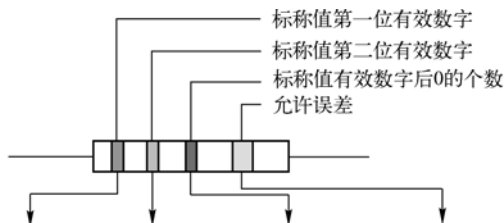
文字符号	允许偏差	文字符号	允许误差
R	(Ω)	F ±1%	
K	(kΩ)	G ±	2%
M	(MΩ)	J ±5%	
B ±0.	1%	K	±10%
C ±0.	25%	M	±20%
D ±	0.5%	N	±30%

3. 色标法

色标法（见右图）是将电阻的类别及主要技术参数的数值用颜色（色环或色点）标注在它的外表面上。色标电阻（色环电阻）可分为三环、四环、五环三种标法。

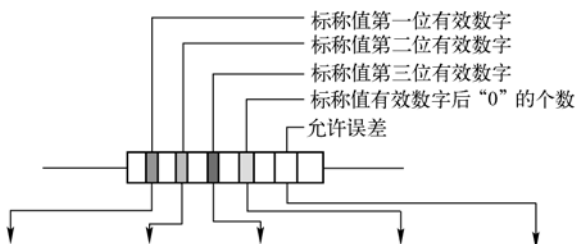


四环电阻各色环含义示意图如右图所示。



颜 色	第一位有效值	第二位有效值	倍 率	允 许 误 差
黑	0	0	$10^0$	
棕	1	1	$10^1$	
红	2	2	$10^2$	
橙	3	3	$10^3$	
黄	4	4	$10^4$	
绿	5	5	$10^5$	
蓝	6	6	$10^6$	
紫	7	7	$10^7$	
灰	8	8	$10^8$	
白	9	9	$10^9$	-20% ~ +50%
金			$10^{-1}$	±5%
银			$10^{-2}$	±10%
无色				±20%

五环电阻各色环含义示意图如右图所示。



颜 色	第一位有效值	第二位有效值	第三位有效值	倍 率	允 许 误 差
黑	0	0	0	$10^0$	
棕	1	1	1	$10^1$	±1%
红	2	2	2	$10^2$	±2%
橙	3	3	3	$10^3$	
黄	4	4	4	$10^4$	
绿	5	5	5	$10^5$	±0.5%
蓝	6	6	6	$10^6$	±0.25%
紫	7	7	7	$10^7$	±0.1%
灰	8	8	8	$10^8$	
白	9	9	9	$10^9$	
金				$10^{-1}$	
银				$10^{-2}$	

快速识别色环电阻的要点是熟记色环所代表的数字含义，为方便记忆，特编写了色环代表的数值口诀（见右图）。

色环代表的数值口诀如下：  
1棕2红3为橙，4黄5绿在其中，  
6蓝7紫随后到，8灰9白黑为0，  
尾环金银为误差，数字应为5/10。

色环电阻（见右图）无论是采用三色环，还是四色环、五色环，关键色环是第三环或第四环（即尾环），因为该色环的颜色代表电阻值有效数字的倍率。

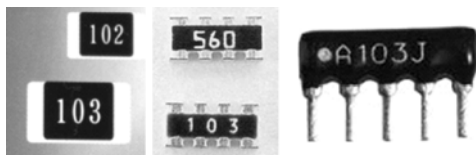
一般四色环和五色环电阻表示允许误差的色环，该色环距离其他环的距离较远；较标准的标注应是表示允许误差的色环的宽度是其他色环宽度的 1.5~2 倍；对于四色环电阻，金或银色环为尾环。



判断尾环：1. 该色环距离其他环的距离较远；  
2. 该色环的宽度是其他色环的(1.5~2)倍；  
3. 四色环的金、银。

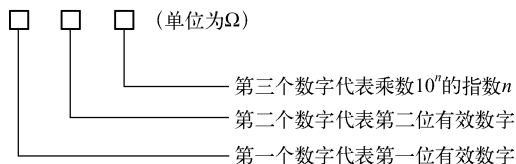
#### 4. 数码表示法

在电阻体的表面用三位数字或两位数字加 R 来表示标称值的方法称为数码表示法（见右图）。该方法常用于贴片电阻、排阻等。



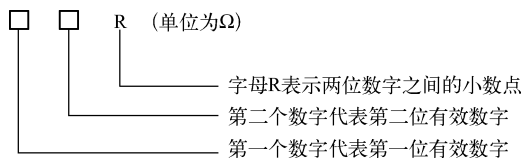
##### 1) 三位数字标注法（见右图）

例如，标注为“103”的电阻，其阻值为  $10 \times 10^3 = 10\text{k}\Omega$ 。需要注意的是，要将这种标注法与直标法区别开，如标注为 220 的电阻，其阻值为  $22\Omega$ ，只有标注为 221 的电阻，其阻值才为  $220\Omega$ 。



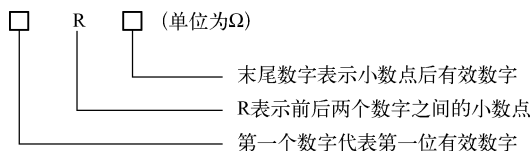
##### 2) 两位数字后加 R 标注法（见右图）

例如，标注为“51R”的电阻，其电阻值为  $5.1\Omega$ ，标注为“10R”的电阻，其电阻值为  $1.0\Omega$ 。



##### 3) 两位数字中间加 R 标注法（见右图）

例如，标注为 9R1 的电阻，其阻值为  $9.1\Omega$ ，标注为 1R2 的电阻器其阻值为  $1.2\Omega$ 。



##### 4) 四位数字标注法（见右图）

例如，标注为 1333 的电阻，其阻值为  $133 \times 10^3 = 133\text{k}\Omega$ 。

有些贴片电阻的标注为 R 后加三位有效数字（见右图），例如，标注为 R047 的电阻，其阻值为  $0.047\Omega$ ，R 表示电阻值的小数点。



5. 代码法

精度为±1%的精密电阻器，一般用代码法标注其阻值。该系列电阻值参数，用两位数字代码加一位字母代码表示，其代码含义参见表 1.7。识读时，前两位数字代码通过查表得知数值，再乘以字母代码表示的倍率，即可得到实际阻值。

表 1.7 EIA-96 系列精密电阻代码表

代码	阻值	代码	阻值	代码	阻值	代码	阻值	代码	阻值	代码	阻值
01	100 17		147 33		215	49	316	65	464	81	681
02	102 18		150 34		221	50	324	66	475	82	698
03	105 19		154 35		226	51	332	67	487	83	715
04	107 20		158 36		232	52	340	68	499	84	732
05	110 21		162 37		237	53	348	69	511	85	750
06	113 22		165 38		243	54	357	70	523	86	768
07	115 23		169 39		249	55	365	71	536	87	787
08	118 24		174 40		255	56	374	72	549	88	806
09	122 25		178 41		261	57	383	73	562	89	825
10	124 26		182 42		267	58	392	74	576	90	845
11	127 27		187 43		274	59	402	75	590	91	866
12	130 28		191 44		280	60	412	76	604	92	887
13	133 29		196 45		287	61	422	77	619	93	909
14	137 30		200 46		294	62	432	78	634	94	931
15	140 31		205 47		301	63	442	79	649	95	953
16	143 32		210 48		309	64	453	80	665	96	976

A=10<sup>0</sup>; B=10<sup>1</sup>; C=10<sup>2</sup>; D=10<sup>3</sup>; E=10<sup>4</sup>; F=10<sup>5</sup>; G=10<sup>6</sup>; H=10<sup>7</sup>; X=10<sup>-1</sup>; Y=10<sup>-2</sup>; Z=10<sup>-3</sup>

例如，33A=215×10<sup>0</sup>=215Ω；05D=110×10<sup>3</sup>=110kΩ；48G=309×10<sup>6</sup>=309MΩ。

四、电位器的主要技术指标

阻值变化特性是电位器的主要参数。为适应各种不同的用途，电位器阻值变化规律也不相同。阻值变化特性是指电位器的阻值与转轴旋转角度的关系。常见的电位器阻值变化规律有直线式（X 型）、指数式（Z 型）、对数式（D 型）三种形式，如右图所示。

电位器阻值变化特性及其主要技术指标参见表 1.8 和表 1.9。

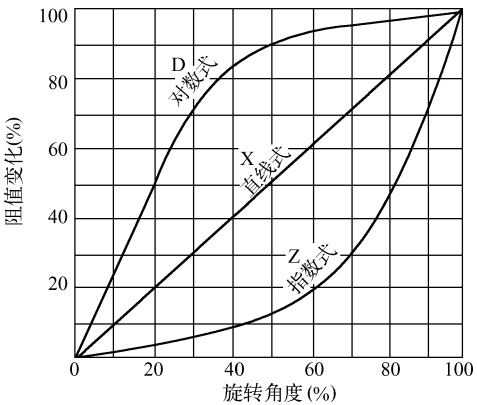


表 1.8 电位器阻值变化特性

形 式	阻值变化特性	适 用 场 合
直线式 (X 型)	直线式电位器的阻值变化与旋转角度成直线关系，也就是电阻体上导电物质的分布是均匀的，所以单位长度的阻值相等	直线式电位器适用于一些要求均匀调节的场合，如分压器、偏流调整、万用表的调零和示波器的聚焦等电路
指数式 (Z 型)	指数式电位器在开始转动时，阻值变化较小，而在旋转角度接近最大值时，阻值变化比较显著	由于人耳对微小的声音稍有增加时，感觉很灵敏，但声音大到某一值后，即使声音功率有了较大的增加，人耳感觉却变化不大。所以音量控制电路采用指数式电位器进行音量控制，可获得音量与电位器旋转角度近似线性的关系
对数式 (D 型)	对数式电位器的阻值变化与指数式电位器正好相反，它在开始转动时阻值变化很大，而在旋转角度接近最大值附近时，阻值变化就比较缓慢	用于对数式电位器音调控制等电路

表 1.9 电位器主要技术指标

技术指标	意 义
阻值变化特性	常见的电位器阻值变化规律有直线式（X 型）、指数式（Z 型）、对数式（D 型）三种形式
额定功率	电位器的两个固定端允许耗散的最大功率为电位器的额定功率。使用中滑动端与固定端之间所承受的功率要小于额定功率
标称阻值	电位器外壳上标注的阻值叫标称阻值，是电位器两固定引脚之间的阻值，一般称为电位器的最大阻值
滑动噪声	由于电阻体阻值分布的不均匀性和滑动触点接触电阻的存在，当电位器在外加电压作用下，滑动触点在电阻体上移动时产生的噪声，这种噪声对电子设备的工作将产生不良影响

五、电位器的阻值表示方法

可调电阻（见右图）通常采用直标法或数码表示法在电阻体上标出最大阻值。



六、特殊电阻的识别

特殊电阻（见右图）即敏感电阻，其阻值随环境的变化而变化，特殊电阻的表面一般不标注阻值大小，只标注型号。



根据标准 SJ1152—82《敏感元件型号命名方法》的规定，敏感电阻的产品型号由四部分组成，如右图所示。

（1）主称、类别部分的符号及意义参见表 1.10。

（2）用途或特征部分用数字表示时，应符合表 1.11 的规定；用字母表示时，应符合表 1.12 的规定。

特殊电阻的产品型号由四部分组成。  
第一部分：主称（用字母表示）；  
第二部分：类别（用字母表示）；  
第三部分：用途或特征（用字母或数字表示）；  
第四部分：序号（用数字表示）。



(3) 序号部分用数字表示。

表 1.10 敏感电阻型号中主称、类别部分的符号及意义

主 称		类 别	
符号	意义	符号	意义
M	敏感电阻	F	负温度系数热敏电阻 (NTC)
		Z	正温度系数热敏电阻 (PTC)
		G	光敏电阻
		Y	压敏电阻
		S	湿敏电阻
		Q	气敏电阻
		L	力敏元件
		C	磁敏元件

表 1.11 敏感电阻型号中用途或特征部分的数字所表示的意义

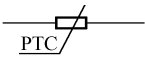
数字	负温度系数热敏电阻	正温度系数热敏电阻	光敏电阻	力敏电阻
0	特殊用		特殊用	
1	普通用	普通用	紫外光	硅应变片
2	稳压用	限流用	紫外光	硅应变梁
3	微波测量用		紫外光	硅杯
4	旁热式	延迟用	可见光	
5	测温用	测温用	可见光	
6	控温用	控温用	可见光	
7		消磁用	红外光	
8	线性型		红外光	
9		恒温用	红外光	

表 1.12 敏感电阻型号中用途或特征部分的字母所表示的意义

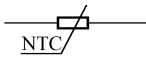
字母	压敏电阻	湿敏电阻	气敏电阻	磁敏元件
无	普通型	通用型		
W	稳压用			电位器
G	高压保护			
P	高频用			
N	高能用			
K	高可靠型	控湿用		
L	防雷用		可燃性	
H	灭弧用			
E	消噪用			电阻
B	补偿用			
C	消磁用	测湿用		
S	元器件保护用			
M	防静电用			
Y	环形		烟敏	

1. 热敏电阻

热敏电阻在电路中用字母符号“RT”或“R”表示，电路符号如右图所示。



(a) 正温度系数热敏电阻



(b) 负温度系数热敏电阻

根据标准 SJ1152—82《敏感元件型号命名方法》的规定，热敏电阻的产品型号由四部分组成，如右图所示。各部分含义参见表 1.13。

热敏电阻的产品型号由下列四部分组成。  
第一部分：主称（用字母表示）；  
第二部分：类别（用字母表示）；  
第三部分：用途或特征（用数字表示）；  
第四部分：序号（用数字表示）。

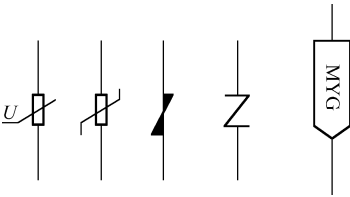
表 1.13 热敏电阻的型号命名各部分含义

第一部分：主称		第二部分：类别		第三部分：用途或特征		第四部分：序号
字母	含义	字母	含义	数字	含义	
M	敏感电阻	Z	正温度系数热敏电阻器（PTC）	1	普通用	用数字表示序号
				2	限流用	
				4	延迟用	
				5	测温用	
				6	控温用	
				7	消磁用	
				9	恒温用	
		F	负温度系数热敏电阻器（NTC）	0	特殊用	
				1	普通用	
				2	稳压用	
				3	微波测量用	
				4	旁热式	
				5	测温用	
				6	控温用	
				8	线性型	

例如，M Z7 3A—1 表示消磁用正温度系数热敏电阻，MF53—1 表示测温用负温度系数热敏电阻。

2. 压敏电阻

压敏电阻在电路中用字母“RV”或“R”表示，在电路原理图中其电路符号如右图所示，其中第一种是中国规定的图形符号，其余为其他国家或不同地区、厂家规定的图形符号。



根据标准 SJ1152—82《敏感元件型号命名方法》的规定，压敏电阻的型号命名也是由四部分组成的，如右图所示。其各部分含义参见表 1.14。

压敏电阻的型号命名由四部分组成。  
第一部分：主称（用字母表示）；  
第二部分：类别（用字母表示）；  
第三部分：用途或特征（用字母表示）；  
第四部分：序号（用数字表示）。

表 1.14 压敏电阻的型号命名各部分含义

第一部分：主称		第二部分：类别		第三部分：用途或特征		第四部分：序号
字母	含义	字母	含义	字母	含义	
M	敏感电阻	Y	压敏电阻	无	普通型	用数字表示序号，有的在序号的后面还标有标称电压通流量或电阻体直径、标称电压、电压误差等
				W	稳压用	
				G	高压保护	
				P	高频用	
				N	高能用	
				K	高可靠型	
				L	防雷用	
				H	灭弧用	
				E	消噪用	
				B	补偿用	
				C	消磁用	
				S	元器件保护用	
				M	防静电用	
				Y	环型	

例如，MYL1—1 表示防雷用压敏电阻，MY31—270/3 表示 270V/3kA 普通压敏电阻。

### 3. 光敏电阻

光敏电阻在电路中用字母“RL”、“RG”或“R”表示，电路符号如右图所示。



根据标准 SJ1152—82《敏感元件型号命名方法》的规定，光敏电阻的产品型号由三部分组成，如右图所示。各部分含义参见表 1.15。

光敏电阻的型号命名分为三个部分：  
第一部分：用字母表示主称；  
第二部分：用数字表示用途或特征；  
第三部分：用数字表示序号。

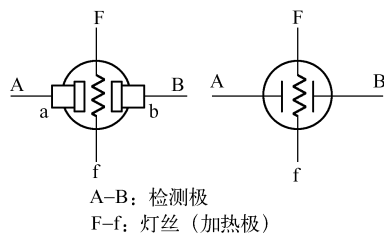
表 1.15 光敏电阻的型号命名各部分含义

第一部分：主称		第二部分：用途或特征		第三部分：序号
字母	含义	数字	含义	
MG	光敏电阻	0	特殊用	用数字表示，以区别外形尺寸及性能指标
		1	紫外光	
		2	紫外光	
		3	紫外光	
		4	可见光	
		5	可见光	
		6	可见光	
		7	红外光	
		8	红外光	
		9	红外光	

例如，MG45—14 表示可见光光敏电阻。

### 4. 气敏电阻

气敏电阻在电路中常用字母“RQ”或“R”表示，电路符号如右图所示。



根据标准 SJ1152—82《敏感元件型号命名方法》的规定，气敏电阻的产品型号由三部分组成，如右图所示。各部分含参见表 1.16。

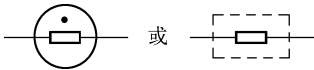
气敏电阻的型号命名由三部分组成。  
第一部分：用字母表示主称；  
第二部分：用字母表示用途或特征；  
第三部分：用数字表示产品序号。

表 1.16 气敏电阻的型号命名各部分含义

第一部分：主称		第二部分：用途或特征		第三部分：序号
字母	含义	字母	含义	
MQ	气敏电阻	J	酒精检测用	用数字表示产品序号
		K	可燃气体检测用	
		Y	烟雾检测用	
		N	N 型气敏组件	
		P	P 型气敏组件	

5. 湿敏电阻

湿敏电阻在电路中的文字符号用字母“RS”或“R”表示，电路符号如右图所示。



根据标准 SJ11524—82《敏感元件型号命名方法》的规定，湿敏电阻的产品型号由三部分组成，如右图所示。各部分含义参见表 1.17。

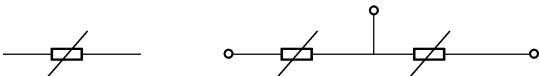
湿敏电阻的型号命名分为三部分。  
第一部分：用字母表示主称；  
第二部分：用字母表示用途或特征；  
第三部分：用数字与字母混合表示序号，以区别电阻的外形和性能参数。

表 1.17 湿敏电阻的型号命名各部分含义

第一部分：主称		第二部分：用途或特征		第三部分：序号
字母	含义	字母	含义	
MS	湿敏电阻		通用型	用数字与字母混合表示电阻不同的尺寸和性能参数
		K	温控型	
		C	测量型	

6. 磁敏电阻

磁敏电阻在电路中常用符号“RC”或“R”表示，电路符号如右图所示。



7. 力敏电阻

力敏电阻在电路中的符号用字母“RL”或“R”表示，电路符号如右图所示。

根据标准 SJ1152—82《敏感元件型号命名方法》的规定，力敏电阻的型号由三部分组成，如右图所示。各部分含义参见表 1.18。

力敏电阻的型号命名由三部分组成。  
第一部分：用字母表示主称；  
第二部分：用数字表示用途或特征；  
第三部分：用数字表示产品序号。

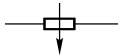


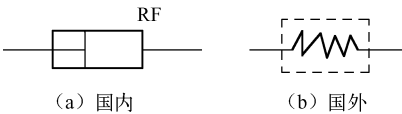
表 1.18 力敏电阻的型号命名及含义

第一部分：主称		第二部分：用途或特征		第三部分：序号
字母	含义	数字	含义	
ML	力敏电阻	1	硅应变片	用数字表示，以区别外形尺寸及性能指标
		2	硅应变梁	
		3	硅杯	

例如，ML24 表示硅应变梁力敏电阻。

8. 保险电阻

保险电阻在电路中的文字符号用字母“RF”或“R”表示。电路符号如右图所示。



常用的大功率通孔式保险电阻（见右图）一般用一个色环来标注其额定阻值和额定电流，不同色环表示的阻值参见表 1.19。

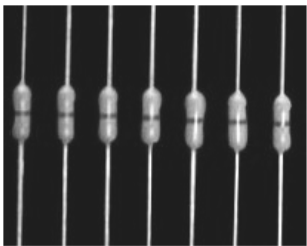
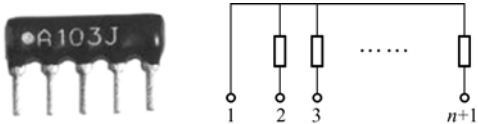


表 1.19 大功率通孔式保险电阻色环表示的阻值

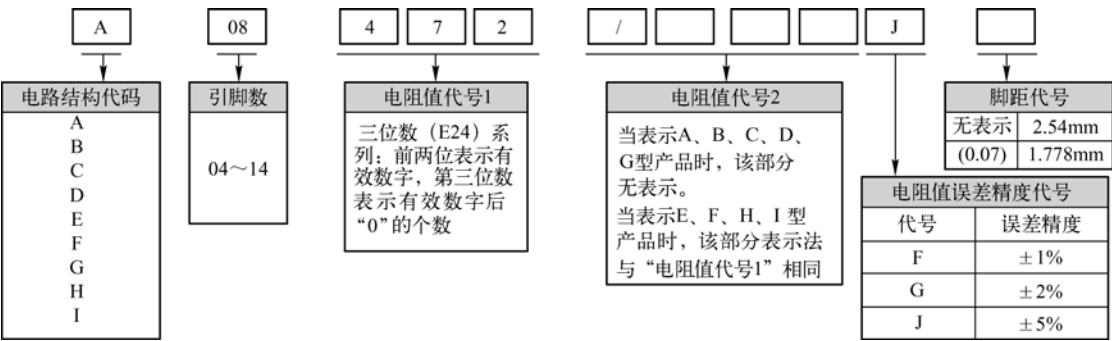
颜色	阻值 ( $\Omega$ )	功率 (W)	电流 (A)
黑色	10 1/4		3.0
红色	2.2 1/4		3.5
白色	1 1/4		2.8

9. 排阻的识别

排阻是由若干个参数完全相同的电阻组成的。通孔式排阻的一个引脚连到一起作为公共引脚，其余引脚正常引出。如果一个排阻是由  $n$  个电阻构成的，那么它就有  $n+1$  只引脚。一般来说，最左边的引脚是公共引脚，在排阻上一般用一个色点标出来。排阻的标注与内部结构如右图所示。



排阻型号命名各部分含义如下图所示。



排阻的阻值与内部电路通常可以从型号上识别出来。排阻的内部排列方式参见表 1.20。

表 1.20 排阻的内部排列方式

电路结构代码	等效电路	电路结构代码	等效电路
A		B	
C		D	
E		F	
G		H	
I			

1.2.2 贴片电阻的识别

一、贴片电阻的型号命名方法

贴片电阻器的型号命名一般由 6 部分组成，如右图所示。各部分的主要含义参见表 1.21。

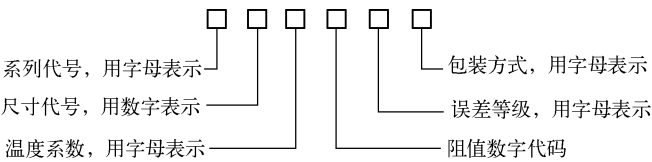


表 1.21 贴片电阻型号命名各部分的主要含义

系列代号		尺寸代号		温度系数 (ppm/℃)		阻值数字代码	误差等级		包装方式	
系列	代号	尺寸	代号	代号	温度系数		代号	误差值	代号	包装方式
E-24	FTR	02 04	02	K	≤ ± 100	E24 系列前两位表示有效数字，第三位表示“0”的个数	F	± 1%	T	编带包装
		03 06	03	L	≤ ± 250		G	± 2%		
E-96	FTM	05 08	05	U	≤ ± 400	E96 系列前三位表示有效数字，第四位表示“0”的个数	J	± 5%	B	塑料盒散包装
		06 12	06	M	≤ ± 500		O	跨接电阻		

注：小数点用 R 表示，如 1R0=1.0Ω，在电阻体上只有阻值数字代码，具体型号通常在包装上。

## 二、贴片元器件的外形尺寸

贴片标准元器件的尺寸规格（见右图）有国际单位制与英制两种表示方法。国际单位制主要以毫米（mm）为单位，英制主要以英寸（in，1in=25.4mm）为单位。不同贴片元器件有不同的尺寸规格，还未统一标准的贴片元器件，各厂家尺寸规格有所不同。

部分贴片元器件封装英制与国际单位制对照关系参见表 1.22。

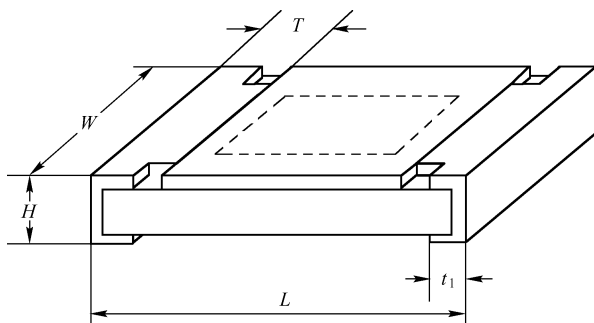


表 1.22 部分贴片元器件封装英制与国际单位制对照关系

方 法	尺 寸 规 格			
英制表示法	1206 0805		0603	0402
国际单位制表示法	3216 2125		1608	1005
含义	L: 1.2in(3.2mm); W: 0.6in(1.6mm)	L: 0.8in(2.0mm); W: 0.5in(1.25mm)	L: 0.6in(1.6mm); W: 0.3in(0.8mm)	L: 0.4in(1.0mm); W: 0.2in(0.5mm)
英制表示法	3225 4532		5025	6432
国际单位制表示法	1210 1812		2010	2512
含义	L: (3.20±0.20)mm; W: (2.50±0.20)mm; H: (0.50±0.20)mm	L: (4.50±0.20)mm; W: (3.20±0.20)mm; H: (0.50±0.20)mm	L: (5.00±0.20)mm; W: (2.50±0.20)mm; H: (0.55±0.10)mm	L: (6.40±0.20)mm; W: (3.20±0.20)mm; H: (0.55±0.10)mm

注：L—长度；W—宽度；H—高度。

贴片电阻主要以长宽外形来表示其封装。实际上，银贴片电阻外形多样，因此实际尺寸仅以长宽表示其外形尺寸还不够。PR 系列电阻的外形尺寸参见表 1.23。

表 1.23 PR 系列电阻的外形尺寸

型号	EIA	L	W	H	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>
PR02 0402		1.00±0.05 0.	50±0.05 0.	30±0.05 0.	20±0.10 0.	20±0.10
PR10 2010		4.90±0.15 2.	40±0.15 0.	55±0.10	0.60±0.30 0.	50±0.25
PR12 2512		6.30±0.15 3.	10±0.15 0.	55±0.10 0.	60±0.30 0.	50±0.25

## 三、贴片电阻元件电阻系列的规定

EIA（电子工业协会）对电阻元件的规定进行了定义。其中电阻标称值及其误差范围定义了 7 个类别（10 倍率中允许的数值），包括 E6、E12、E24、E48、E96、E192，参见表 1.24。例如，E24 表示 10 倍率中定义了 24 个电阻数值，其他以此类推。

表 1.24 E192、E96、E48、E24、E12、E6 对应电阻

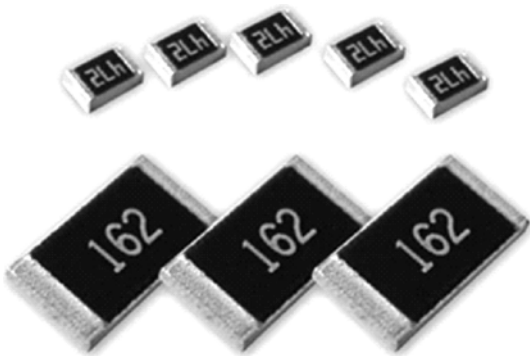
E6	E12	E24	E48	E96	E192	E6	E12	E24	E48	E96	E192	E6	E12	E24	E48	E96	E192								
100	100	100	100	100	100 215	220	220	220	215	215	218	470	470	470	464	464	464								
				101	101											470	470								
				102	102 221					221	223					475	475								
					104											481	481								
				105	105 226					226	229					487	487								
					106											493	493								
			107		107 232				232	234	499				499										
					109						505				505										
			110	110 237	237				240	511	511														
				111						517	517														
				113	113 243				243	246	523				523										
					114						530				530										
		115		115 249	249			252	536	536															
				117					542	542															
			118	118 253	253			256	549	549															
				120	255			258	556	556															
		120	120	121	121			121 261	270	270	270			261	261	264	560	560	560	562	562	562			
					123																569	569			
					124			124 267							267	271					576	576			
								126													583	583			
					127			127 274							274	277					590	590			
								129													597	597			
				130				130 280						280	284	604				604					
								132								612				612					
	133			133 287		287	291	619						619											
				135				626						626											
				137	137 294	294	298	634						634											
					138			642						642											
			140	140 301	301	305	649	649																	
				142			657	657																	
	143			143 309	309	312	665	665																	
				145			673	673																	
	150		150	150	147	147	147 316	330			330			330	316	316			320	680	680	680	681	681	681
						149																		690	690
						150	150 324									324			328					698	698
					152											706			706						
					154	154 332	332								336	715			715						
						156										723			723						
						158	158 340									340			344				732	732	
					160														741				741		
		162			162 348		348		352	750					750										
				164					759	759															
				165	165 357	357	361		768	768															
					167				777	777															
				169	169 365	365	370		787	787															
					172				796	796															
					174	174 374			374	379				806	806										
				176						816				816											
178				178 383		383	388		825	825															
		180					835		835																
182		182 392	392	397	845	845																			
		184			856	856																			
		187	187 402	402	407	866	866																		
			189			876	876																		
		191	191 412		412	417	887		887																
			193				898		898																
180		180	196	196	196 422	390	390		422	422		427	820	820	910	909			909			909			
				198															920			920			
				200	200 432					432		437							931			931			
					203														942			942			
				205	205 442							442							448			953	953		
					208																	965	965		
			210		210 453					453		458				976			976						
				213												988			988						



四、贴片电阻的识别

1. 贴片电阻（见右图）的外形

两端为银白色，中间大部分为黑色。



2. 三色环与四色环贴片电阻的区别

三色环贴片电阻是一般的贴片电阻，四色环贴片电阻一般为精密电阻。三色环贴片电阻一般是黑底白字，有的底漆为米黄色；四色环贴片电阻一般为黑底黄字。

3. 贴片式排阻的标注与内部结构

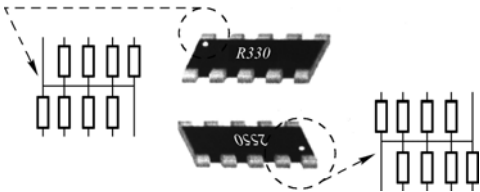
贴片式排阻的内部等效电路具有多样性，参见表 1.25。

表 1.25 贴片式排阻的内部等效电路

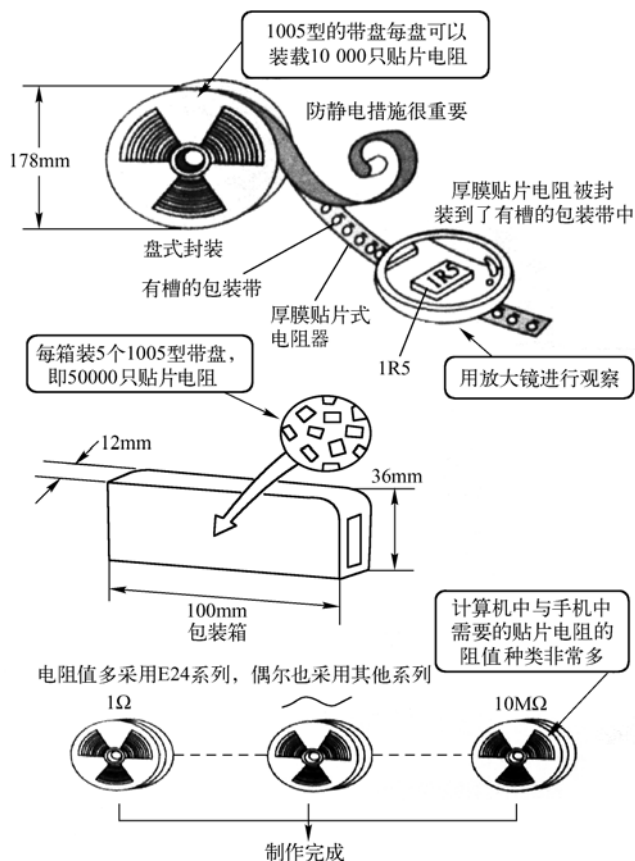
内部等效电路	外 形

贴片式排阻一般采用“SO”封装，引脚多为鸥翼形。常用的外形尺寸标准为：150mil 宽外壳（SO）有 8、14、16 引脚；220mil 宽外壳（SOMC）有 14、16 引脚；300mil 宽外壳（SOL）有 14、16、20、24、28 引脚。

特殊结构的贴片式排阻封装外壳一般具有引脚识别标志，标志一般为白色色点，如右图所示。



右图为贴片电阻的封装过程。



## 1.3 电阻的检测

### 1.3.1 通孔电阻的检测

在使用电阻之前或需要判断电阻的质量时，可以用万用表对电阻进行检测。

#### 一、普通电阻的检测

##### 1. 指针式万用表检测电阻

对电阻的测量主要是使用万用表对其阻值进行测量，方法如下。

步骤 1：万用表选择合适的挡位

为了提高测量精度，需要根据电阻标称值的大小来选择万用表的挡位。应使指针的指示值尽可能落到刻度的中段位置（即全刻度起始的 20%~80%弧度范围内），以使测量结果更准确。

根据电阻的标注读取标称阻值，然后打开万用表挡位开关，并根据电阻的标称阻值将万用表调到合适的欧姆挡位，如右图所示。



### 步骤2：万用表校零

红、黑表笔短接，调整微调旋钮，使万用表指针指向  $0\Omega$  的位置，然后再进行测试。

采用指针式万用表检测，需要执行将表针校（调）零这一关键步骤，方法是将万用表置于某一欧姆挡后，红、黑表笔短接，调整微调旋钮，使万用表指针指向  $0\Omega$  的位置，然后再进行测试，如右图所示。注意，每选择一次量程，都要重新进行欧姆校零。



### 步骤3：用万用表测量与读数

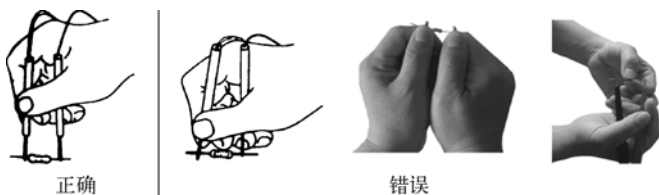
将两表笔（不分正负）分别与电阻两端的引脚相接即可测出实际电阻值。测量时，待表针停稳后读取指示值，然后乘以倍率，就是所测得的电阻值，如右图所示。



一般指针式万用表的欧姆挡位分为 5 挡，其指针所指数值与挡位相乘即为被测电阻的实际阻值。在观测被测电阻的阻值读数时，两眼应位于万用表的正上方（即眼睛应垂直观测万用表），若表盘内有一弧形反射镜，当看到指针与弧形反射镜中的影像重合时方可读数。若指针位于两条刻度线之间，除了将刻度线所代表的阻值读出外，还应再估计一下刻度间的数值。

总结：若万用表测得的阻值与电阻标称阻值相等或在电阻的允许误差范围之内，则电阻正常；若两者之间出现较大偏差，即万用表显示的实际阻值超出电阻的允许误差范围，则该电阻不良；当万用表测得电阻值为无穷大（断路）、阻值为零（短路）或不稳定，则表明该电阻已损坏，不能再继续使用。

注意，在检测电阻时，由于人体是具有一定阻值的导电电阻，手不要同时触及电阻两端引脚，以免在被测电阻上并联人体电阻而造成测量误差，如右图所示。



## 2. 数字式万用表检测电阻

用数字式万用表检测电阻，所测得的阻值更为准确。将数字式万用表的黑表笔插入“COM”插孔，红表笔插入“V $\Omega$ ”插孔，如右图所示。

将数字式万用表的挡位开关置于相应的电阻挡上，打开万用表电源开关（电源开关置于“ON”位置），再将两表笔跨接在被测电阻的两个引脚上，万用表的显示屏即可显示出被测电阻的阻值。



**注意事项:**

数字式万用表检测电阻一般无须调零,可直接测量。

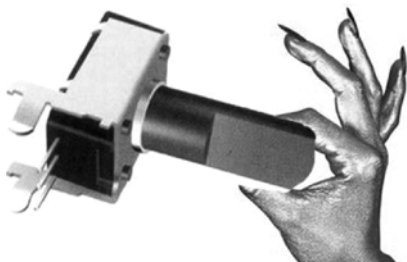
如果实际电阻值超过所选挡位值,则万用表显示屏的左端会显示“1”,这时应将挡位开关置于较高挡位上。

当实际电阻值超过  $1\text{M}\Omega$  时,显示的读数需几秒才会稳定,这是用数字式万用表测量时出现的正常现象,这种现象在测高电阻值时经常出现。

当输入端开路时,万用表则显示过载情形。另外,测量在线电阻时,要确认被测电路所有电源已关断且所有电容都已完全放电后才可进行。

**二、电位器的检测****1. 测量电位器的标称阻值及变化阻值**

检测电位器前,先初步用观察法进行外观观察。首先要转动旋柄,看旋柄转动是否平滑,开关是否灵活,开关通、断时“咔嗒”声是否清脆,并听一听电位器内部接触点和电阻体摩擦的声音,如有较响的“沙沙”声或其他噪声,则说明质量欠佳。一般情况下,旋柄转动时应该稍微有点阻尼,既不能太“死”,也不能太灵活,如右图所示。



用万用表测量电位器时,应先根据被测电位器标称阻值的大小,选择好万用表的合适欧姆挡位再进行测量。测量时,将万用表的红、黑表笔分别接在定片引脚(即两边引脚)上,万用表读数应为电位器的标称阻值,如右图所示。如万用表读数与标称阻值相差很多,则表明该电位器已损坏。



电位器标称阻值测量

当电位器的标称阻值正常时,再测量其变化阻值,以及活动触点与电阻体(定触点)接触是否良好。如右图所示,将万用表的一支表笔接在动触点引脚(通常为中间引脚)上,另一支表笔接在一个定触点引脚(两边引脚)上。



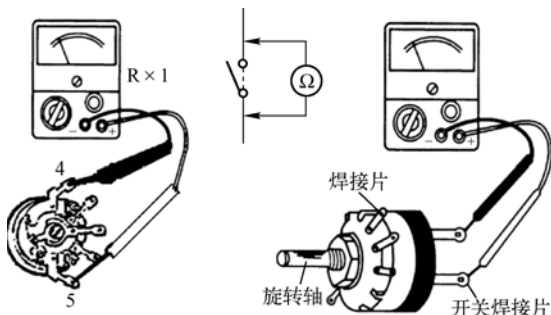
电位器变化阻值的测量

接好表笔后,万用表应显示为零或为标称阻值;再将万用表的转轴从一个极端位置旋转至另一个极端的位置,阻值应从零(或标称阻值)连续变化到标称阻值(或零)。在电位器的轴柄转动或滑动过程中,若万用表的指针平稳移动或显示的示数均匀变化,则说明被测电位器良好;旋转轴柄时,万用表阻值读数有跳动现象,则说明被测电位器活动触点有接触不良的故障。

**注意:**对于指数式(或对数式)电位器,当轴柄旋转或滑动均匀时,万用表的阻值变化是不均匀的。一般来说,若开始时较快,则结束时较慢;若开始时较慢,则结束时较快。

## 2. 检查带开关电位器的开关是否良好（见下图）

检查带开关电位器的开关前，应旋动或推拉电位器轴柄，随着开关的断开和接通，应有良好的手感，同时可听到开关触点弹出发出的响声。然后将万用表调至欧姆挡，两表笔分别接触电位器开关两引脚，再旋转轴柄，使开关从“开”至“关”，同时观察万用表所测阻值。正常情况下，当开关接通时，测量阻值应为零或接近零；当开关断开时，测量阻值应为无穷大。若开关在“开”的位置，阻值不为零，则说明内部开关触点接触不良；若开关在“关”的位置，阻值不为无穷大，则说明内部开关已失控。



## 三、特殊电阻的检测

### 1. 热敏电阻的检测

热敏电阻分负温度系数热敏电阻（NTC）和正温度系数热敏电阻（PTC）。

第一步，测量常温下的电阻值（见右图）。将万用表置于合适的欧姆挡（根据标称电阻值确定挡位），用两表笔分别接触热敏电阻的两引脚，测出实际阻值，并与标称阻值相比较，如果两者相差过大，则说明所测热敏电阻性能不良或已损坏。



常温下检测

第二步，测量温变时（升温或降温）的电阻值。在常温测试正常的基础上，即可进行升温或降温检测。升温检测热敏电阻示意图如右图所示。用手捏住热敏电阻测电阻值，观察万用表示数，此时会看到显示的数据随温度的升高而变化（NTC 是减小，PTC 是增大），表明电阻值在逐渐变化。当阻值改变到一定数值时，显示数据会逐渐稳定。测量时若环境温度接近体温，可用电烙铁靠近或紧贴热敏电阻进行加热后再进行检测。



升温检测

### 2. 光敏电阻的检测

测量光敏电阻时需分两步进行。

第一步，测量有光照时的电阻值（见右图）。

将万用表的两表笔分别与光敏电阻两引脚相接，测量有光照时的电阻值。



有光照时的检测

第二步，测量无光照时的电阻值（见右图）。

用一张不透光黑纸（或手指遮盖）将光敏电阻遮住，测量无光照时的电阻值。



无光照时的检测

结论：两者结果相比较有较大差别，通常光敏电阻有光照时电阻值为几千欧，此值越小说明光敏电阻性能越好；无光照时电阻值大于  $1500\text{k}\Omega$ ，甚至无穷大，此值越大说明光敏电阻性能越好。

如果光敏电阻在有光照时所测阻值很大甚至无穷大，则说明被测光敏电阻内部开路损坏，如果光敏电阻在无光照时所测阻值很小或为零，则说明被测光敏电阻已损坏。

需要指出的是，不同的光源照射时，被测光敏电阻的阻值也不同。

### 3. 压敏电阻的检测（见右图）

检测压敏电阻时，将万用表置于最大欧姆挡位。常温下压敏电阻的两引脚间阻值应为无穷大，若阻值为零或有阻值，说明已被击穿损坏。

将指针式万用表调至  $R \times 10\text{k}$  挡或将数字式万用表调至  $200\text{M}\Omega$  挡，两表笔分别与压敏电阻的两引脚相接，测出阻值，交换表笔后再测量一次，若两次测得的阻值均为无穷大，则说明被测压敏电阻合格，否则表明被测压敏电阻严重漏电且不可使用。



压敏电阻已损坏



压敏电阻正常

### 4. 湿敏电阻的检测（见右图）

用万用表检测湿敏电阻，应先将万用表置于欧姆挡（具体挡位根据湿敏电阻阻值的大小确定），再将蘸水棉签放在湿敏电阻上，如果万用表显示的阻值在数分钟后有明显变化（依湿度特性不同而变大或变小），则说明所测湿敏电阻良好。



### 5. 排阻的检测（见右图）

根据排阻的标称阻值大小选择合适的万用表欧姆挡位（指针式万用表注意调零），将两表笔（不分正负）分别与排阻的公共引脚和另一引脚相接即可测出实际电阻值。通过万用表测量就会发现所有引脚对公共引脚的阻值均是标称值，除公共引脚外，其他任意两引脚之间的阻值是标称阻值的两倍。





### 1.3.2 贴片电阻的检测

#### 1. 贴片电阻外观检查（见右图）

贴片电阻同样也可以通过“观察法”检查，其外形特征如下。

（1）贴片电阻表面二次玻璃体保护膜覆盖完好，如果出现脱落，可能是损坏了。

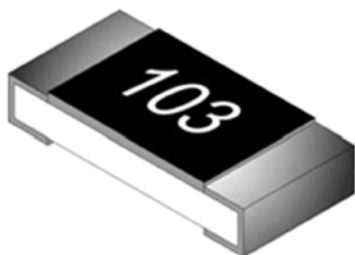
（2）贴片电阻表面一般是平整的，如果具有一些“凸凹”，可能是损坏了。

（3）贴片电阻引出端电极覆盖均匀镀层而且难脱落，如果出现脱落现象，可能是损坏了。

（4）贴片电阻引出端电极一般应平整、无裂痕针孔、无变色现象，如果出现裂纹，可能是损坏了。

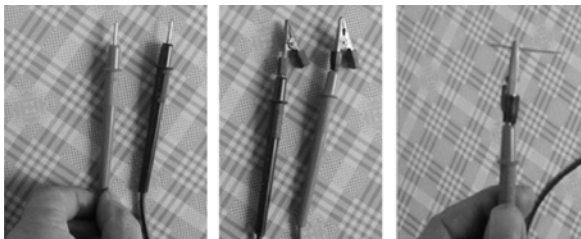
（5）贴片电阻体表面有烧黑的痕迹，则可能是损坏了。

（6）贴片电阻外形变形，则可能是损坏了。



#### 2. 贴片电阻的检测技巧

由于贴片元件非常细小，用普通万用表表笔测量时，因表笔比较粗，测量时就显得有些不方便，而且容易造成短路及判断不正确，有的还需要把绝缘层刮掉，费时而且降低了元器件的绝缘性能。因此，根据实际经验，可以对万用表的两支表笔进行改进。首先备用两只小号鳄鱼夹，测试时可以把鳄鱼夹插在表笔上，再用鳄鱼夹夹住最小号的缝衣针，如右图所示。这样，在检测时就可以刺破绝缘涂层，直抵电极金属部位，而且操作也方便多了。

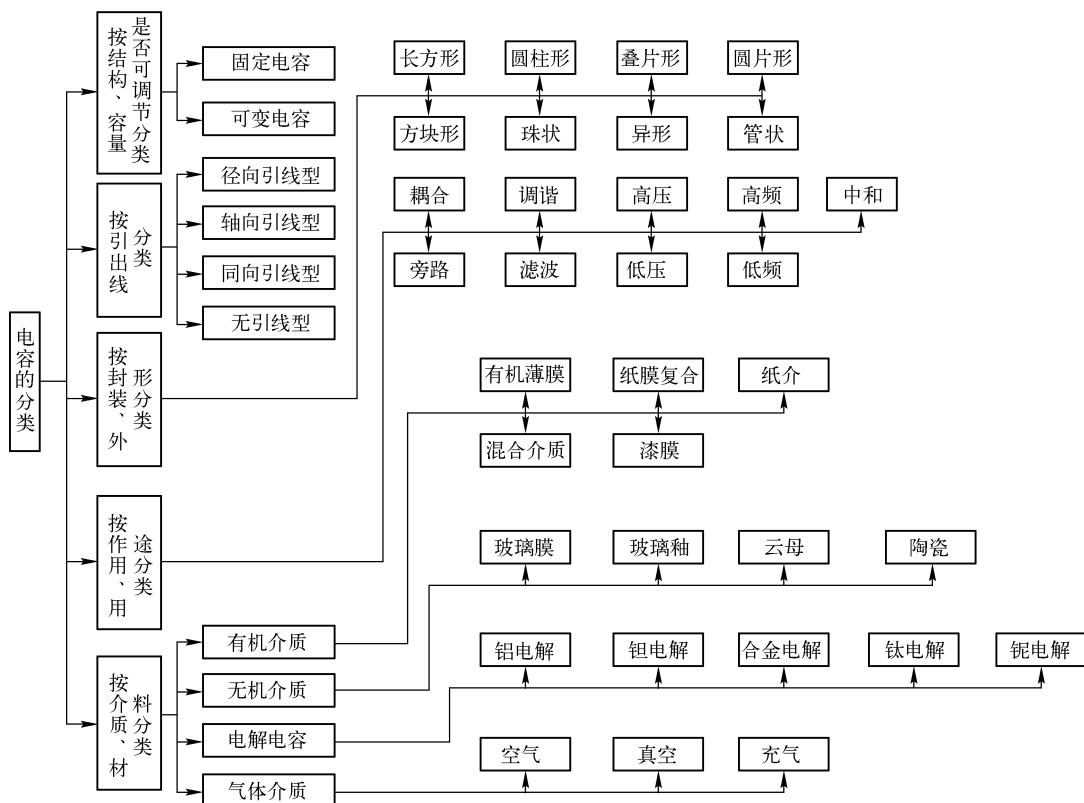


# 电容的识别与检测

电容器是最常见的电子器件之一，通常简称为电容。电容是在两个金属导体中间填充绝缘物质，从两个金属导体分别引出两条引线制成的。电容是衡量导体储存电荷能力的物理量，在电路中，常用于滤波、耦合、振荡、旁路、隔直、调谐、计时等。

## 2.1 电容的分类

电容的分类如下图所示。



电容种类繁多，按容量是否可调划分，可分为固定电容器、可变电容器、微调电容器；按极性划分，可分为无极性电容、有极性电容；按介质材料划分，可分为有机介质电容、无机介质电容、气体介质电容、电解质电容等。

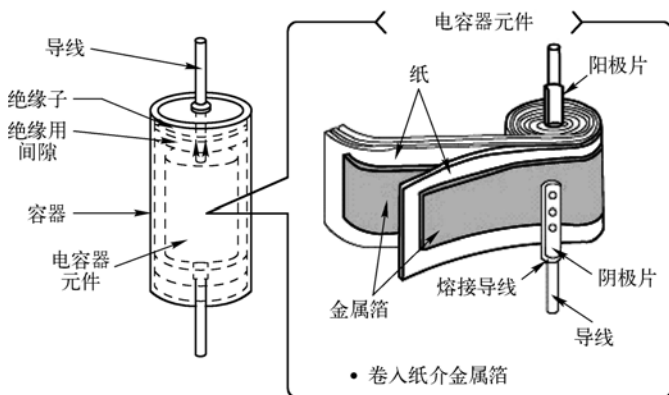


### 2.1.1 通孔电容的分类

#### 一、固定电容的外形及特点

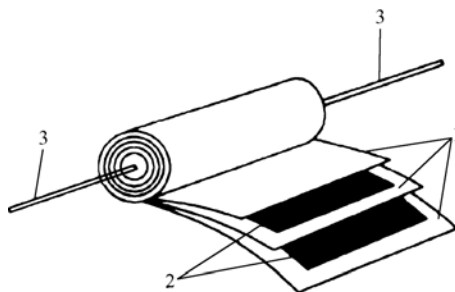
两个导体之间夹着绝缘体就构成了电容器（见右图）。

固定电容是指制成后电容量固定不变的电容，又分为有极性和无极性两种。常用的通孔固定电容有以下几种。

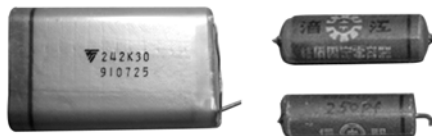


#### 1. 纸介电容

纸介电容（见右图）属于无极性有机介质电容，一般是用两条金属箔作为电极，中间用电容纸隔开重叠卷绕而成。纸介电容制造工艺简单、价格低、体积大、损耗大、稳定性差，并且存在较大的固有电感，不宜在频率较高的电路中使用。

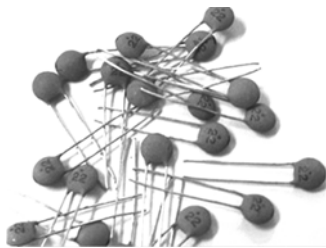


1—电容器纸；2—铝箔或锡箔电极；3—引脚纸介电容器的结构



#### 2. 瓷介电容

瓷介电容（见右图）属于无极性无机介质电容，它以陶瓷材料为介质。瓷介电容体积小、耐热性好、绝缘电阻高、稳定性较好，适用于高、低频电路。



#### 3. 涤纶电容

涤纶电容（见右图）属于无极性有机介质电容，它以涤纶薄膜为介质，以金属箔或金属化薄膜为电极。涤纶电容体积小、容量大、成本较低，绝缘性能、耐热、耐压和耐潮湿性能都很好，但稳定性较差，适用于稳定性要求不高的电路。



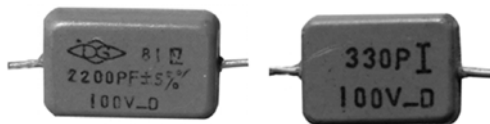
#### 4. 玻璃釉电容

玻璃釉电容（见右图）属于无极性无机介质电容，一般是玻璃釉粉压制的薄片，通过调整釉粉的比例，可以得到不同性能的电容。玻璃釉电容介电系数大、耐高温、抗潮湿强、损耗低。



#### 5. 云母电容

云母电容（见右图）属于无极性无机介质电容，以云母为介质，具有损耗小、绝缘电阻大、温度系数小、电容量精度高、频率特性好等优点，但成本较高、电容量小，适用于高频电路。

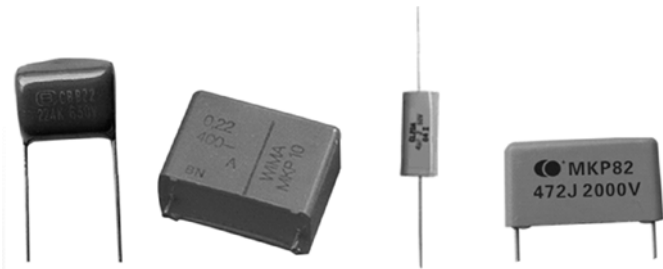


#### 6. 薄膜电容

薄膜电容（见右图）属于无极性有机介质电容。薄膜电容以金属箔或金属化薄膜作为电极，以聚乙烯酯、聚丙烯、聚苯乙烯或聚碳酸酯等塑料薄膜为介质。

薄膜电容具有体积小、容量大、稳定性比较好、绝缘阻抗大、频率特性优异（频率响应宽广）等特点，而且介质损耗很小。薄膜电容广泛使用在模拟信号的交连电路、电源噪声的旁路、谐振电路等电路中。

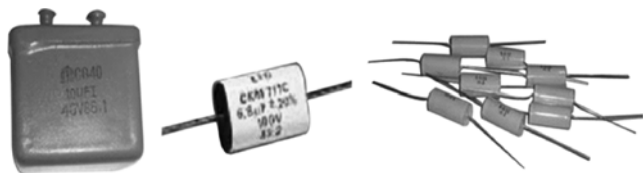
右图是聚丙烯电容（又称 PP 电容）的外形图。



聚苯乙烯电容（见右图）属于无极性有机介质电容，是以聚苯乙烯薄膜为介质，以金属箔或金属化薄膜为电极制成的电容。聚苯乙烯电容成本低、损耗小、精度高、绝缘电阻大、温度系数小、耐低温、高频特性较差，充电后的电荷量能保持较长时间不变。

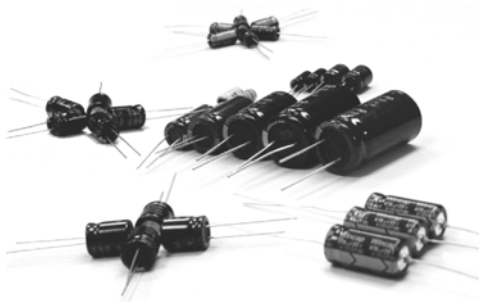


右图是聚碳酸酯电容的外形图。



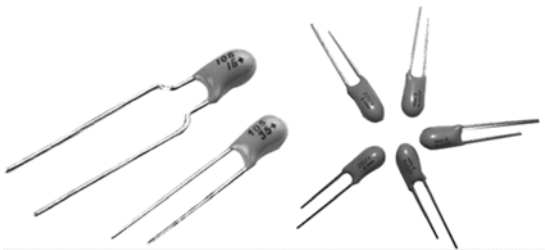
### 7. 铝电解电容

铝电解电容（见右图）属于有极性电容，是以铝箔为正极，电解质为负极，以铝箔表面的氧化铝为介质制成的电容。铝电解电容体积大、容量大。它与无极性电容相比，绝缘电阻低、漏电流大、频率特性差、容量与损耗会随周围环境和时间的变化而变化，特别是在温度过低或过高的情况下，若长时间不用还会失效。铝电解电容仅适用于低频、低压电路。



### 8. 钽电解电容

钽电解电容（见右图）属于有极性电容，是以钽金属片为正极，其表面的氧化钽薄膜为介质，二氧化锰电解质为负极制成的电容。钽电解电容的温度特性、频率特性和可靠性都较铝电解电容要好，漏电流极小、电荷储存能力高、误差小、寿命长，但成本较高，适用于高精密电子电路中。



## 二、可调电容的外形及特点

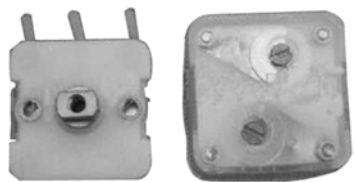
### 1. 单联可变电容

单联可变电容（见右图）由两组平行的铜或铝金属片组成，一组是固定的（定片），另一组固定在转轴上，是可以转动的（动片）。动片随转轴转动时，可旋转进入定片的空隙内，两个极板的相对面积发生变化，电容的电容量也随之变化。



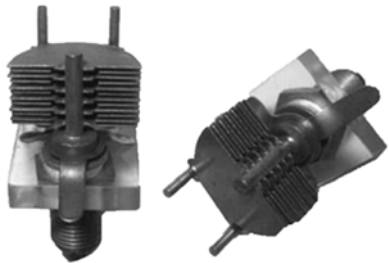
### 2. 双联可变电容

双联可变电容（见右图）由两个单联可变电容组合而成，有两组定片和两组动片，动片连接在同一转轴上。两个可变电容的电容量是同步调节的。



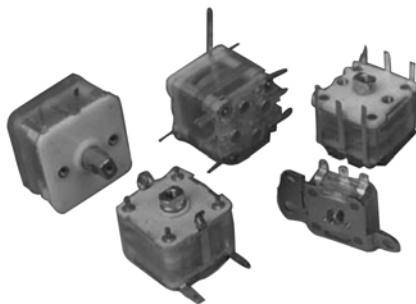
### 3. 空气可变电容

空气可变电容（见右图）的定片和动片之间的电介质是空气。其特点是制作方便，成本低、绝缘电阻大、损耗小、稳定性高、高频特性好、静电噪声小、体积较大等。



#### 4. 有机薄膜可变电容

有机薄膜可变电容（见右图）的定片和动片之间填充的电介质是有机薄膜。其特点是体积小、成本低、容量大、温度特性较差等。



### 三、微调电容的外形及特点

微调电容（见右图）又称半可调电容，其电容量可在小范围内调节。



## 2.1.2 贴片电容的分类

### 一、贴片电容的外形及特点

#### 1. 贴片式多层陶瓷电容

贴片式多层陶瓷电容（见右图）内部为多层陶瓷组成的介质层，为防止电极材料在焊接时受到侵蚀，两端头外电极由多层金属结构组成。



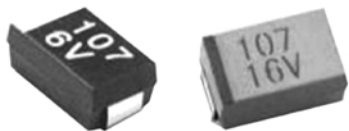
#### 2. 贴片式铝电解电容

贴片式铝电解电容（见右图）是由阳极铝箔、阴极铝箔和衬垫层卷绕而成的。



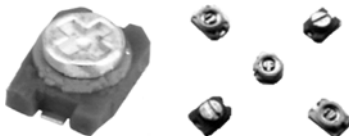
#### 3. 贴片式钽电解电容

贴片式钽电解电容（见右图）有矩形的，也有圆柱形的，封装形式有裸片型、塑封型和端帽型三种，其中以塑封型较为常见。它的尺寸比贴片式铝电解电容器小，并且漏电流小，负温度性能好，等效串联电阻小，高频性能优良。



#### 4. 贴片式微调电容

右图所示为贴片式微调电容。



### 二、贴片电容的分类

贴片电容的分类及应用参见表 2.1。

表 2.1 贴片电容的分类及应用

种 类	说 明
高频贴片电容	包括通用型高频贴片电容（主要应用于低损耗、稳定性要求高的高频电路）与温度补偿型高频贴片电容（主要应用于低损耗、温度补偿型电路）
X7R、X5R	较高的介电常数，较稳定的温度特性，主要应用于旁路、隔直、耦合、鉴频等电路中
Y5V	介电常数大，容量稳定性较差，一般应用于低直流偏压电路中
Z5U	容量稳定性较差，温度特性介于X7R和Y5Z间，一般应用于低直流偏压电路中
中高压多层片状陶瓷电容	采用多层片状陶瓷工艺技术及相应的特殊工艺制作的一种中高压电容。该类型电容适用于背光源驱动电路、倍压电路、直流变换器等电路
高Q值COG电容	该类型电容主要突出Q值，一般应用于射频RF电路与高Q/低ESR/高频率微波电路等电路中
贴片钽电容	贴片钽电容是电解电容器中的一类。钽电容采用金属钽作为阳极材料，按阳极结构的不同可分为箔式、钽粉烧结式。其中，钽粉烧结式钽电容根据工作电解质的不同，又可分为非固体电解质钽电容与固体电解质钽电容。钽电容不需要镀铝膜的电容纸及电解液。 钽电容两头的端接头有非压膜式（焊接短片触头）、塑膜式（引脚触头向下卷）、端帽式（两端金属端帽结构，中间树脂封装）。根据外形，贴片钽电容可分为圆柱形、矩形。按封装结构，贴片钽电容可分为矩形贴片、圆柱形贴片。自动贴片时，采用非压膜式电容容易出现贴片不准等现象。因此一般采用塑膜式钽电容
高精度贴片电容	贴片电容实际容量与标称容量允许存在的最大偏差范围一般分为3级：Ⅰ级 $\pm 5\%$ ，Ⅱ级 $\pm 10\%$ ，Ⅲ级 $\pm 20\%$ 。有些情况下，还有0级，误差为 $\pm 20\%$ 。精密电容的允许误差较小，常用的电容器精度等级和电阻精度等级的表示方法相同，用字母表示：D-005级 $\pm 0.5\%$ ；F-01级 $\pm 1\%$ ；G-02级 $\pm 2\%$ ；J-Ⅰ级 $\pm 5\%$ ；K-Ⅱ级 $\pm 10\%$ ；M-Ⅲ级 $\pm 20\%$
高耐压贴片电容	一般贴片电容的额定电压不高，如果额定电压大于200V，则认为是高耐压贴片电容

## 2.2 电容的识别

### 2.2.1 通孔电容的识别

电容是一种储存电能的元件。在电路原理图中，电容用字母“C”表示，常用电容在电路原理图中的符号如右图所示。



电容量大小的基本单位是法拉（F），简称法。常用单位还有毫法（mF）、微法（ $\mu\text{F}$ ）、纳法（nF）、皮法（pF），它们之间的关系如右图所示。

$$\begin{aligned}
 1\text{mF} &= 10^{-3}\text{F} \\
 1\mu\text{F} &= 10^{-6}\text{F} \\
 1\text{nF} &= 10^{-9}\text{F} \\
 1\text{pF} &= 10^{-12}\text{F}
 \end{aligned}$$

#### 一、通孔电容的型号命名方法

##### 1. 国产通孔电容的型号命名方法

通孔电容的型号命名一般由四部分组成，其组成如右图所示，各部分的主要含义参见表 2.2。

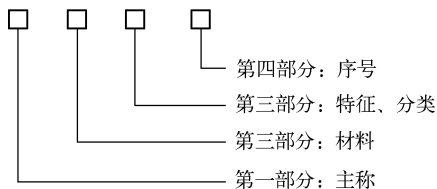


表 2.2 电容型号命名方法

第一部分：主称		第二部分：材料		第三部分：特征、分类						第四部分：序号
符号	意义	符号	意义	符号	意义					
					瓷介	云母	玻璃	电解	其他	
电 容 器	C	瓷介	1	圆片	非密封	—	箔式	非密封	若主称、材料相同，仅尺寸、性能指标略有不同，但基本不影响互换使用的产品，则给予同一序号；若尺寸性能指标的差别明显，且影响互换使用的产品时，则在序号后面用大写字母作为区别代号	
	Y	云母	2	管状	非密封	—	箔式	非密封		
	I	玻璃釉	3	叠片	密封	—	烧结粉固体	密封		
	O	玻璃膜	4	独石	密封	—	烧结粉固体	密封		
	Z	纸介	5	穿心	—	—	—	穿心		
	J	金属化纸	6	支柱	—	—	—	—		
	B	聚苯乙烯	7	—	—	—	无极性	—		
	L	涤纶	8	高压	高压	—	—	高压		
	Q	漆膜	9	—	—	—	特殊	特殊		
	S	聚碳酸脂	J	金属膜						
	H	复合介质	W	微调						
	D	铝								
	A	钽								
	N	铌								
	G	合金								
	T	钛								
	E	其他								

- 电容命名示例如下。
- (1) CD—11：铝电解电容（箔式），序号为 11；
  - (2) CC1—1：圆片形瓷介电容，序号为 1；
  - (3) CZJX：纸介金属膜电容，序号为 X。

2. 国外通孔固定电容的型号命名方法

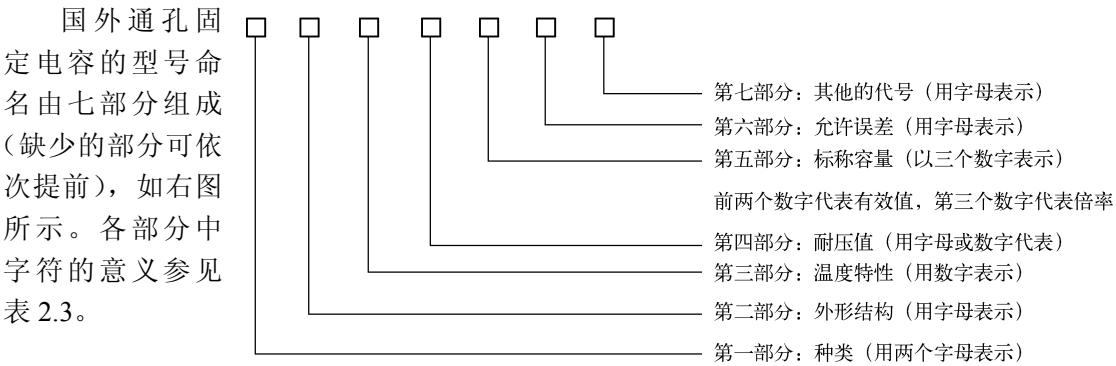


表 2.3 国外通孔固定电容器型号中字符的意义

第一部分： 种类		第二部分： 外形 结构	第三部分： 温度特性		第四部分： 耐压值				第五部分： 标称容量		第六部分： 允许误差		
字母	意义	用两位数字表示其外形、结构、封装方式、引脚及其与轴的关系	字母	意义	字母	含义				数字	含义	字母	含义
						0 1		2	4				
CC	温度补偿用瓷介电容		A	+100(10 <sup>-6</sup> /℃)	A	1 10		100	1000	0R5	0.5pF	G	±30%
CH B	金属化纸介电容			+30(10 <sup>-6</sup> /℃)	B	1.25	12.5	125	1250	R010 1pF			
CHR			C 0		C	1.6	16	160	1600	1R5	1.5pF	H	±60%
CC H	瓷介电容（高介电常数）			-30(10 <sup>-6</sup> /℃)	D	2 20		200	2000	100	10pF		
CK L				-80(10 <sup>-6</sup> /℃)	E 2.	5	25	250	2500	101	100pF	J	±120%
CKB			P	-150(10 <sup>-6</sup> /℃)	F 3.	15	31.5	315	3150	221	200pF		
CAR	纸介电容			-220(10 <sup>-6</sup> /℃)	G	4 40		400	4000	103	0.01μF	K	±250%
CNS				-330(10 <sup>-6</sup> /℃)	H	5 50		500	5000	333	0.03μF		
CP			T	-470(10 <sup>-6</sup> /℃)	J 6.	3	63	630	6300	104	0.1μF		
CQ	塑料薄膜电容		U	-750(10 <sup>-6</sup> /℃)	K	8 80		800	8000				
CB V	云母电容			-1000(10 <sup>-6</sup> /℃)	Z 9		90	900	9000				
CM W				-1500(10 <sup>-6</sup> /℃)									
DM			X	-2200(10 <sup>-6</sup> /℃)									
CY Y			-3300(10 <sup>-6</sup> /℃)										
CYR	Z		-4700(10 <sup>-6</sup> /℃)										

3. 国产薄膜介质可变电容器型号命名方法

国产薄膜介质可变电容器型号一般由六部分组成，如右图所示。各部分代表的意义参见表 2.4。

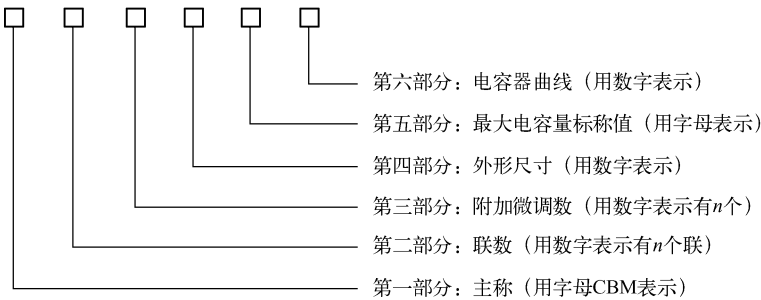


表 2.4 国产薄膜介质可变电容器型号中各部分代表的含义

第一部分： 主称	第二部分： 联数	第三部分： 附加 微调数	第四部分：外形尺寸（mm）		第五部分：最大电容量标称值（pF）			第六部分： 电 容 器 曲 线
			代号	含义	代号	含义	说明	
用字母 CBM 表示，其中，C 代表电容器，B 代表可变，M 代表薄膜介质	用数字表示有 $n$ 个联	用微调电容器个数的数字表示，不带微调电容器的用“0”表示	1	30×30	A 340		适用于调幅联、等容电容器	用数字表示，与标准推荐曲线相同的不加代号
			2	25×25	B 270			
			3	20×20	C 170			
			4	17.5×17.5	D 100		适用于调幅联、差容电容器，其中 P 对应的调谐联最大容值为 14 pF，Q 对应的调谐联最大容值为 130pF	
					P 60			
			5	15×15	Q 60		适用于调幅联、差容电容器，20pF 为振荡联最大容值	
					F 20			

注：调频/调幅可变电容器用 A~Q 与 F 字母合用来表示调幅联和调频联的最大电容量标称值，其中 A~Q 字母表示调幅联的最大电容量标称值，F 表示调频联的最大电容量标称值。

国产薄膜介质可变电容器型号命名示例如右图所示。

可变电容器型号命名示例：  
CBF—520CF  
B表示调幅联的最大电容量  
标称值，F则表示调频联

二、电容的主要技术指标

1. 耐压

电容的耐压指在允许环境温度范围内，电容长期安全工作所能承受的最大电压有效值。常用固定式电容的直流工作电压系列为：6.3V，10V，16V，25V，40V，63V，100V，160V，250V，400V，500V，630V，1000V。

2. 允许误差等级

电容的允许误差等级是电容的标称容量与实际电容量的最大允许偏差范围。常见电容允许误差等级有七个，参见表 2.5。

表 2.5 电容允许误差等级

容许误差	±2%	±5%	±10%	±20%	+20%，-30%	+50%，-20%	+100%，-10%
级别	0.2	I	II	III	IV	V	VI

3. 标称容量

电容的标称容量指标注在电容体表面的电容量。固定式电容器标称容量系列和允许误差参见表 2.6。

表 2.6 固定式电容器标称容量系列和允许误差

系列代号	E24 E	I2	E6
容许误差	±5%（I）或（J）	±10%（II）或（K）	±20%（III）或（M）
标称容量对应值	10,11,12,13,15,16,18,20,22,24,27,30,33,36,39,43,47,51,56,62,68,75,82,90	10,12,15,18,22,27,33,39,47,56,68,82	10,15,22,23,47,68

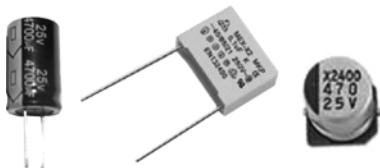
注：标称容量为表中数值，或表中数值再乘以 10<sup>n</sup>，其中  $n$  为正整数或负整数，单位为 pF。



### 三、通孔电容的表示方法

#### 1. 直标法

直标法（见右图）是将电容的标称容量、耐压及允许误差直接标注在电容体上。例如，4700 $\mu$ F 25V；0.22 $\mu$ F  $\pm 10\%$ ；220MFD（220 $\mu$ F） $\pm 0.5\%$ 。若是零点零几，常把整数位的“0”省去，如.01 $\mu$ F表示0.01 $\mu$ F。



#### 2. 数字表示法

数字表示法（见右图）是只标数字不标单位的直接表示法。采用此种方法仅限于 pF 和 $\mu$ F 两种单位，一般无极性电容默认单位为 pF，电解电容默认单位为 $\mu$ F。如电容体上标注“47”、“5100”、“0.01”分别表示 47pF、5100pF、0.01 $\mu$ F；电解电容若标注“47”、“220”则分别表示 47 $\mu$ F、220 $\mu$ F。



#### 3. 数码表示法

数码表示法（见右图）一般用三位数字来表示容量的大小，单位为 pF。其中前两位为有效数字，后一位表示倍率，即乘以  $10^i$ ， $i$  为第三位数字；若第三位数字为 9，则乘以  $10^{-1}$ 。例如，223J 代表  $22 \times 103 \text{ pF} = 22000 \text{ pF} = 0.22 \mu\text{F}$ ，允许误差为 $\pm 5\%$ ；479K 代表  $47 \times 10^{-1} \text{ pF}$ ，允许误差为 $\pm 5\%$ 。这种表示方法常用于瓷片电容。



#### 4. 色码表示法

色码表示法（见右图）与电阻器的色环表示法类似，颜色涂于电容器的一端或从顶端向引线排列。色码一般只有三种颜色，前两环为有效数字，第三环为位率，容量单位为 pF。有时色环较宽，如红红橙，两个红色环涂成一个宽红色环，表示 22000pF。



#### 5. 字母数字混合表示法

字母数字混合表示法（见右图）用 2~4 位数字和一个字母表示标称容量，其中数字表示有效数值，字母表示数值的单位。字母有时既表示单位也表示小数点。例如，47n= $47 \times 10^{-3} \mu\text{F} = 0.047 \mu\text{F}$ ；5n9=5.9nF=5900pF。



### 四、电容极性的识别

有极性电容一般为铝电解电容和钽电解电容，极性的识别较为重要，其识别方法如下。

通孔式有极性电容（见右图）引线较长的一端为正极，若引线无法判别长短则根据标记判别，铝电解电容标记负号的引线为负极，钽电解电容正极引线有标记。



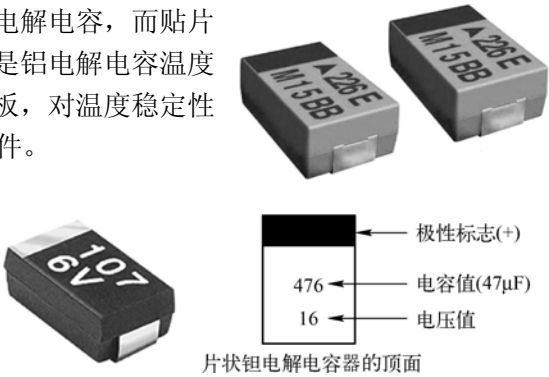
2.2.2 贴片电容的识别

一、贴片有极性电容的识别

通孔有极性电解电容（见右图）一般是铝电解电容，而贴片电解电容一般是钽贴片电容，主要原因之一就是铝电解电容温度稳定性与精度均不高，而贴片元件要紧贴电路板，对温度稳定性要求高，自然铝电解电容就不适合作为贴片元件。

钽贴片电容一般是黄色方形的。

贴片式有极性钽电解电容（见右图）的顶面有一条黑色线或白色线，是正极性标记，顶面上还标注有电容容量代码和耐压值。



贴片式有极性铝电解电容（见右图）的顶面有一黑色标志，是负极性标记，顶面还标注有电容容量和耐压。

铝贴片电容一般是圆形银白色的。



二、贴片电容的识别

贴片电容的容量代码通常由 3 位数字组成，单位为 pF，前两位是有效数字，第三位为所加“0”的个数。若有小数点，则用“R”表示，参见表 2.7。

表 2.7 贴片电容的代码和容量

代 码	100 102		222 223		104 224		1R5	3R3
电容容量	10pF 1000pF		2200pF	0.022µF 0.	1µF 0.	22µF	1.5pF 3.	3pF

贴片钽电解电容通常采用四色环标注方法，前三环表示电容容量，最后一环表示耐压，参见表 2.8。

表 2.8 贴片电容四色环含义

色 环				标称容量（µF）	额定耐压（V）
第一环	第二环	第三环	第四环		
棕色（茶色）	黑色	黄色	粉红色	0.15	35
	绿色			0.22	
橙色（橘红）	橙色			0.33	
黄色	紫色			0.47	
蓝色	灰色			0.68	
棕色（茶色）	黑色	粉红色	绿色	1.0	10
	绿色			1.5	
红色	红色			2.2	
橙色（橘红）	橙色		黄色	3.3	6.3
黄色	紫色			4.7	

目前有一种日本产的贴片微调电容器，它的容量变化范围是用色标来表示的，其具体含义参见表 2.9。

表 2.9 色标含义

色标颜色	棕	蓝	白	红	绿
容量变化范围	0.6~3pF 2.	5~6pF 3	~10pF 4	~20pF 6	~30pF

还有一种贴片电容标注是由大小写英文字母及数字 0~9 组合而成的。其中，字母表示电容器容量的前两位数字（参见表 2.10），其后面数字表示前两位数字后面“0”的个数（单位为 pF）。例如，B 表示数值代号为 1.1，则 B3 表示该电容容量为  $1.1 \times 10^3 = 1100\text{pF}$ 。

表 2.10 字母代码的含义

字 母	数 值 代 号	字 母	数 值 代 号	字 母	数 值 代 号
A 1.	0	M	3.0	p	3.6
B 1.	1	N	3.3	d	4.0
C 1.	2	Q	3.9	e	4.5
D 1.	3	R	4.3	f	5.0
E 1.	5	S	4.7	u	5.6
F 1.	6	T	5.1	m	6.0
G 1.	8	W	6.8	v	6.2
H 2.	0	Y	8.2	h	7.0
J 2.	2	Z	9.1	x	7.5
K 2.	4	A	2.5	t	8.0
L	2.7	b 3.	5 y		9.0

贴片电容的容量采用一个字母或一个数字和组件外壳颜色的组合来表示（其容量的基本单位为 pF）：字母或数字表示容量的前两位数字，数字 3、4、7、9 代表数值代号分别为 6.8、7.5、8.2、9.1（字母表示的具体数值代号参见表 2.11）；用颜色表示前两位数字后面“0”的个数，其中橙色为 0，黑色为 1，绿色为 2，蓝色为 3，紫色为 4，红色为 5。

表 2.11 字母表示的具体数字

字 母	数 值 代 号	字 母	数 值 代 号	字 母	数 值 代 号
A 1.	0	J	2.0	T	3.9
B	1.1	K 2.	2	V 4.	3
C 1.	2	L	2.4	W	4.7
D 1.	3	V	2.7 X		5.1
E	1.5	O 3.	0	Y 5.	6
H 1.	6	R	3.3	Z	6.2
I 1.	8	S	3.6		

贴片电容的型号中通常包含其电容量、耐压、温度系数等参数，如下图所示。

S	0805	N	101	J	2H	R	N
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
片式电容	尺寸代码	温度特性	容量代码	容量偏差	额定电压	包装形式	端头特性
	0805	N=NPO=±5%	两位有效数字+“0”的个数(单位为pF), 小数点用“R”表示,例如:	B=±0.1pF	1E=25V	B: 散装	N=银/镍/锡电镀
	1206	W=X7R=±10%	100=10pF	C=±0.25pF	1H=50V	R: 编带卷装	P=钯、镀电极
	1210	Z=Z5U=±20%	101=100pF	D=±0.5pF	2A=100V		S=银
	1812	Y=Y5V=80%、20%	102=1000pF	F=±1%	2E=250V		
			223=22 000pF	G=±2%	2H=500V		
			104=100 000pF	J=±5%	2J=630V		
			0R5=0.5pF	K=±10%			
			7R5=7.5pF	M=±20%			
				Z=+80%, -20%			

三、贴片电容的外形尺寸

普通贴片电容的两端一般是银白色，中间为褐色。贴片电容的外形尺寸一般采用长度、宽度表示。但是因贴片电容外形各异，因此具体的贴片电容外形尺寸有一定的差异。有时，只有长度、宽度还不能够正确认识贴片电容。贴片电容的外形尺寸参见表 2.12。

表 2.12 贴片电容的外形尺寸

型 号		尺寸 (mm)			
英制表示	公制表示	<i>L</i>	<i>W</i>	<i>H</i>	WB
0402 1005		1.00±0.05 0.	50±0.05 0.	50±0.05 0.	25±0.10
0603 1608		1.60±0.10 0.	80±0.10 0.	80±0.10 0.	30±0.10
0805 2012		2.00±0.20 1.	25±0.20	≤0.55 0.80±0.20 1.00±0.20 1.25±0.20	0.50±0.20
1206 3216		3.20±0.30 1.	60±0.30	0.80±0.20 1.00±0.20 1.25±0.20 1.60±0.30	0.60±0.20
1210 3225		3.20±0.30	2.50V0.30	≤2.80 0.	80±0.30
1808 4520		4.50±0.40 2.	00±0.20	≤2.20 0.	80±0.30
1812 4532		4.50±0.40 3.	20±0.30	≤3.50 0.	80±0.30
2225 5763		5.70±0.50 6.	30±0.50	≤6.20 1.	00±0.40
3035 7690		7.60±0.50 9.	00±0.50	≤8.10 1.	00±0.40

四、贴片电容与贴片电阻的识别方法

1. 看颜色

贴片电容（见右图）多为灰色、黄色、青灰色（电解电容也有用红色的），较为常见的为黄色。有的贴片电容上面没有标注，主要是其经过高温烧结而成，无法在其表面印字的工艺决定的（而贴片电阻是丝印而成，有一定的印刷标记）。

贴片电容中只有贴片钽电容是黑色的，并且贴片钽电容一般用于精密电路。因此，若普通贴片电容有发黑的迹象，则该元件可能损坏了。



## 2. 看电路符号

贴片电容在电路中的符号为“C”；贴片电阻在电路中的符号为“R”。

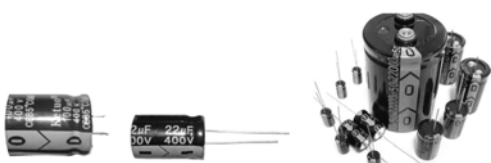
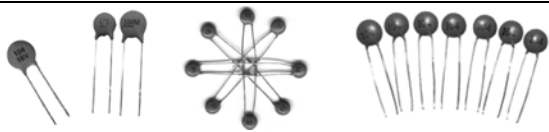

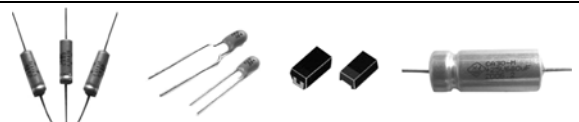
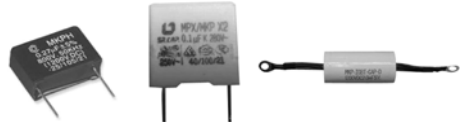


## 3. 测量法

一般贴片电容的电阻很大，而贴片电阻具有对应的电阻。贴片电容具有一定的充/放电特性，而贴片电阻在测量时不会出现万用表指针来回摆动（万用表指针来回摆动表示电容正在充/放电）的现象。




## 五、各种电容器的识别

各种电容器的识别，要从外形、体积、结构、材料、引脚、电容体上的标志、包装盒上的标签等方面进行判断，几种电容器的识别示意图参见表 2.13。

表 2.13 几种电容器的识别示意图

名 称	外 形
铝电解电容器	
瓷片电容器	
涤纶电容器	
钽电容器	
无极性薄膜电容器 (MKP)	
双联电容器	
微调电容器	

续表

名 称	外 形
贴片电容器	
云母电容器	
纸介电容器	

## 2.3 电容的检测

电容的质量好坏主要表现在电容量和漏电电阻值方面。电容量可用带有电容测量功能的数字式万用表、电容表、交流阻抗电桥或万用电桥测量；漏电电阻也可用绝缘电阻测量仪、兆欧表等专用仪器测量。这里只介绍用万用表检测电容的简易方法。

### 2.3.1 指针式万用表检测电容

#### 一、固定电容的检测

##### 1. 容量在 $0.01\mu\text{F}$ 以上固定电容的检测

将指针式万用表调至  $R \times 10\text{k}$  欧姆挡，并进行欧姆调零，然后将万用表的红、黑表笔分别接触电容的两个引脚，观察万用表指示电阻值的变化，如右图所示。

如果表笔接通瞬间，万用表的指针向右微小摆动，然后又回到无穷大处，调换表笔后再次测量，指针也向右摆动后返回无穷大处，则可以判断该电容正常；

如果表笔接通瞬间，万用表的指针摆动至“0”附近，则可以判断该电容被击穿或严重漏电；

如果表笔接通瞬间，指针摆动后不再回至无穷大处，则可判断该电容器漏电；

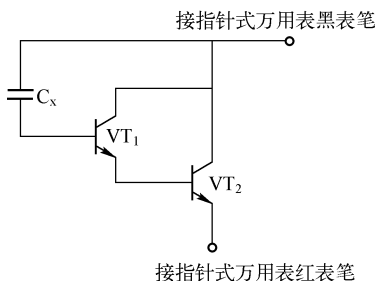
如果两次测量中万用表指针均不摆动，则可以判断该电容已开路。



##### 2. 容量小于 $0.01\mu\text{F}$ 的固定电容的检测

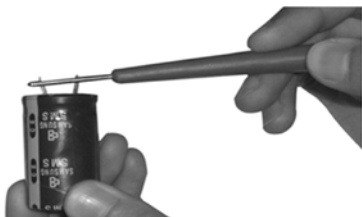
检测  $10\text{pF}$  以下的小电容，因电容容量太小，用万用表进行测量，只能检查其是否有漏电、内部短路或击穿现象。测量时选用万用表  $R \times 10\text{k}$  挡，将两表笔分别任意接电容的两个引脚，阻值应为无穷大。如果测出阻值为零，则可以判定该电容漏电损坏或内部击穿。

检测  $10\text{pF} \sim 0.01\mu\text{F}$  固定电容可采用如下方法。将万用表调至  $R \times 10\text{k}$  挡, 选用两只  $\beta$  值大于 100 的三极管 3DG6 (或 9013) 组成复合管, 其电路原理图如右图所示。利用复合管的放大作用, 把被测电容的充电电流予以放大, 以增大万用表指针的摆动幅度。将被测电容接于复合管的基极 b 与集电极 c 之间, 万用表的红、黑表笔分别与复合管的发射极 e 和集电极 c 相接。如果万用表的指针微摆动后返回至无穷大处, 说明电容正常, 如果指针不动或不能返回至无穷大处, 说明电容已损坏。在测试操作时, 特别是在检测较小容量电容时, 要反复调换表笔检测被测电容, 才能明显地看到万用表指针的摆动。



## 二、电解电容的检测

测量电解电容前, 应将电容充分放电, 即将电解电容的两根引脚短接, 把电容内的残余电荷放掉。可以用万用表表笔将电容两引脚短接, 如右图所示。大容量电容放电需要用螺丝刀金属部分放电。



电容充分放电后, 将指针式万用表的红表笔接电容负极, 黑表笔接电容正极。在刚接通的瞬间, 万用表指针应向右偏转较大角度, 然后逐渐向左返回, 直到停在某一位置, 如右图所示。此时的阻值便是电解电容的正向绝缘电阻, 一般应在几百千欧姆以上; 然后调换表笔测量, 指针重复上述现象, 最后指示的阻值是电容的反向绝缘电阻, 应略小于正向绝缘电阻。



电解电容的容量较一般固定电容大得多。测量时, 针对不同容量选用合适的量程。一般情况下,  $1 \sim 47\mu\text{F}$  的电容, 可用  $R \times 1\text{k}$  挡测量; 大于  $47\mu\text{F}$  的电容可用  $R \times 100$  挡测量。电容容量越小, 选用的电阻挡倍率越大。

结论: 在上述测量中, 如果测量时万用表指针不动, 则说明电容容量消失或内部断路; 如果电容的正、反向绝缘电阻很小或为零, 则说明电容漏电流大或内部短路, 不能再使用。

对于正、负极标志不明的电解电容, 可利用测量绝缘电阻的方法加以判别。即先用万用表的两只表笔接触电容两只引脚, 测量电容的绝缘电阻, 调换表笔再次测量, 两次测量结果中数值大的为正向绝缘电阻, 这次测量中黑表笔接的是电容的正极。

## 三、可变电容的检测

可变电容容量通常都较小, 检测可变电容主要是检测电容动片和定片之间是否有短路情况。

(1) 用手缓慢旋转转轴, 应感觉十分平滑, 不应有时松时紧甚至卡滞现象。将转轴向前、后、上、下、左、右各方向推动时, 转轴不应有晃动。



(2) 转轴与动片之间接触不良的可变电容, 不能继续使用。

(3) 将万用表置于  $R \times 10k$  挡, 一只手将两支表笔分别接可变电容的动片和定片的引出端, 另一只手将转轴缓慢来回转动, 万用表的指针都应在无穷大位置不动。如果指针有时指向零, 说明可变电容动片和定片之间存在短路点; 如果旋到某一角度, 万用表读数不是无穷大而是有限阻值, 说明可变电容动片和定片之间存在漏电现象。

### 2.3.2 数字式万用表检测电容

指针式万用表只能检测电容的好坏(小容量电容的断路性故障不易判断), 以及大致估测电容量的大小, 不能准确地测量电容容量。准确测量电容的电容量通常采用电容表、数字式万用表及专用的电容测量仪器。

使用数字式万用表测量电容的电容量, 具体方法是将数字式万用表置于电容挡, 根据电容量的大小选择适当挡位, 将待测电容充分放电后直接插到测试孔内, 或两表笔分别直接接触进行测量。数字式万用表的显示屏上将直接显示出待测电容的容量, 如右图所示。



结论: 待测电容的电容量使用数字式万用表测量, 如果显示的数值等于或十分接近标称电容量, 说明该电容正常; 如果待测电容显示的数值与标称电容量相差过大, 则查看它的标称电容量是否在万用表的测试范围之内, 如果超出万用表的测量范围, 可更换适当量程的万用表再进行测量, 更换万用表后再测量还是相差过大, 则说明待测电容已变值, 不能再使用; 如果待测电容显示的数值远小于标称容量, 说明待测电容已损坏。

#### 注意:

(1) 如果待测电容的电容量超出数字式万用表量程, 则不能用数字式万用表测量。

(2) 数字式万用表的表笔连接与指针式万用表的表笔连接方法是相反的, 指针式万用表黑表笔接的是表内电源正极, 为表内电流流出端; 数字式万用表的红表笔接表内电源正极, 为表内电流流出端。电容充分放电后将万用表红表笔接电解电容正极, 黑表笔接电解电容负极, 可测出正向绝缘电阻。反之, 万用表红表笔接电解电容负极, 黑表笔接电解电容正极, 可测出反向绝缘电阻。

(3) 数字式万用表测量电容的电容量, 并不是所有电容都可测量, 要依据数字式万用表的测量挡位来确定。有的数字式万用表有多个电容测量挡位, 可以测量  $2nF \sim 2\mu F$  之间的电容, 有的可测量  $20nF \sim 200\mu F$  之间的电容, 而有的数字式万用表只有一个  $200\mu F$  电容测量挡位。

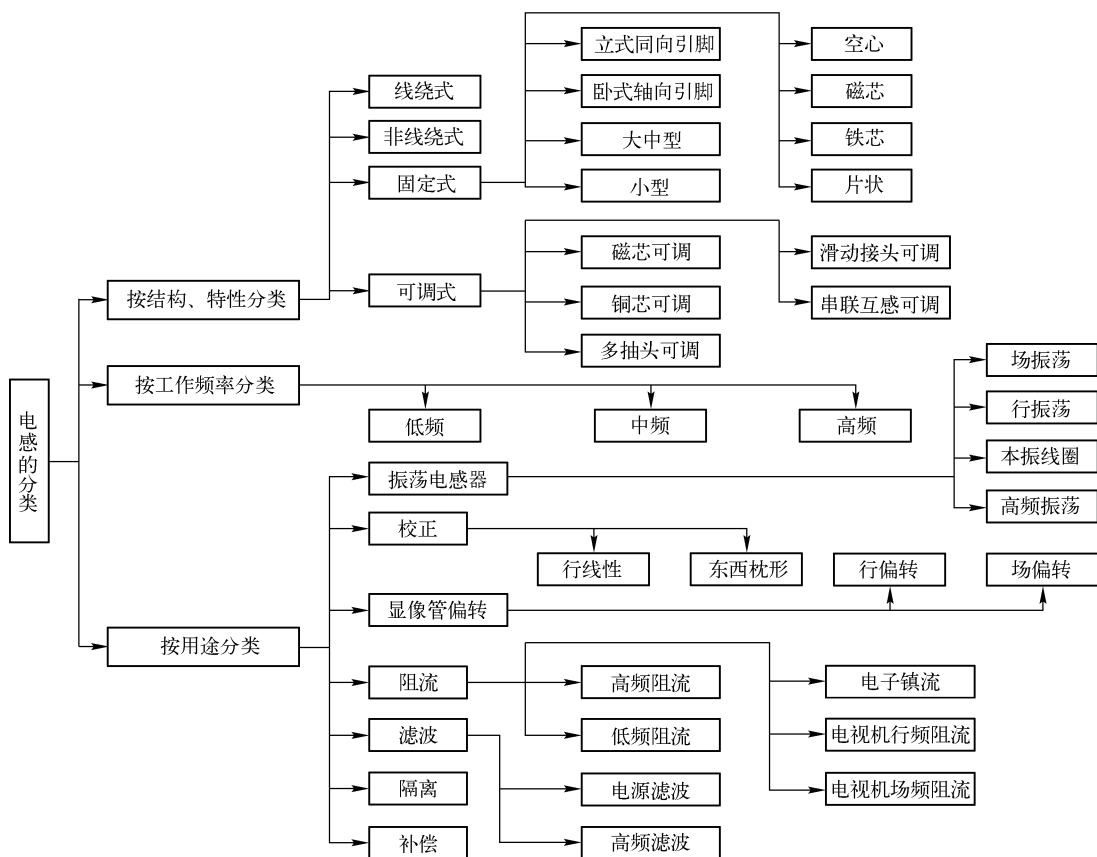


## 电感的识别与检测

电感器简称电感，是将电能转换为磁能并储存起来的元件，在电子系统和电子设备中必不可少。其基本特性包括通低频、阻高频、通直流、阻交流。电感在电路中主要用于耦合、滤波、缓冲、反馈、阻抗匹配、振荡、定时、移相等。

## 3.1 电感的分类

电感总体上可以归为两大类，一类是自感线圈或变压器，另一类是互感变压器。电感的具体分类如下图所示。



### 3.1.1 通孔电感的分类

#### 一、电感线圈的外形及特点

电感线圈包括小型固定电感线圈、空心线圈、扼流圈、可变电感线圈、印刷电感器等。

##### 1. 小型固定电感线圈

小型固定电感线圈（见右图）是将线圈绕制在软磁铁氧体的基础上，然后再用环氧树脂或塑料封装起来制成的。小型固定电感线圈外形结构主要有立式和卧式两种。小型固定电感线圈的电感量较小，一般为  $0.1 \sim 100\mu\text{H}$ ，工作频率为  $10\text{kHz} \sim 200\text{MHz}$ 。其特点是体积小、质量轻、结构牢固和安装方便。



##### 2. 空心线圈

空心线圈（见右图）是用导线直接绕制在骨架上制成的。线圈内没有磁芯或铁芯，通常线圈匝数较少，电感量小，常用于高频电路中，如电视机的高频调谐器。



##### 3. 扼流圈

扼流圈主要分为低频扼流圈和高频扼流圈两大类。

###### 1) 低频扼流圈

低频扼流圈（见右图）又称滤波线圈，一般由铁芯和绕组构成。低频扼流圈常与电容组成电源滤波电路，以滤除整流后残存的交流成分，通常采用硅钢片或铁芯作为磁芯，体积和质量较大。



###### 2) 高频扼流圈

高频扼流圈（见右图）用于高频电路中，主要作用是阻碍高频信号的通过。在电路中，高频扼流圈常与电容串联组成滤波电路，起到分开高频和低频信号的作用。电感量较小，一般在  $2.5 \sim 10\text{mH}$  之间，通常采用铁氧体作为磁芯。



##### 4. 可变电感线圈

可变电感线圈（见右图）通过调节磁芯在线圈内的位置来改变电感量。



## 5. 印刷电感器

印刷电感器（见右图）又称微带线，常用于高频电子设备中，它是由印制电路板上一段特殊形状的铜箔构成的。印刷电感器一般有两个作用：一是对高频信号进行有效传输；二是与其他元件构成匹配网络，使信号输出端与负载能很好地匹配。



## 二、变压器的外形及特点

### 1. 变压器的分类

变压器按工作频率可分为低频变压器、中频变压器和高频变压器。

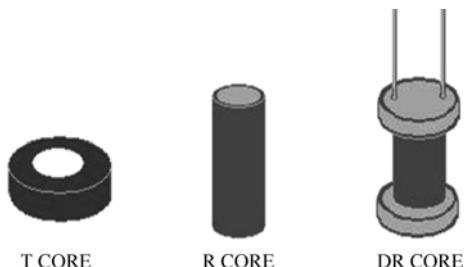
变压器磁芯按材料不同，可分为高频磁芯、低频磁芯和整体磁芯三种。

高频磁芯（见右图）是铁粉磁芯，这种磁芯主要用于高频变压器，它具有高磁导率，使用频率一般为  $1 \sim 200\text{kHz}$ 。



低频磁芯是硅钢片，磁通密度一般为  $6000 \sim 16000$ ，硅钢片主要用于低频变压器；根据硅钢片的形状不同可分为 EI 形（壳型、日形）、UI 形、口形、C 形。

整体磁芯分为三种类型：环形磁芯（T CORE）、棒状铁芯（R CORE）、鼓形铁芯（DR CORE），这三种磁芯外形如右图所示。

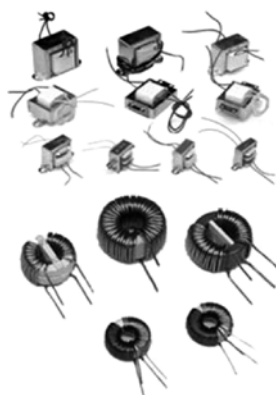


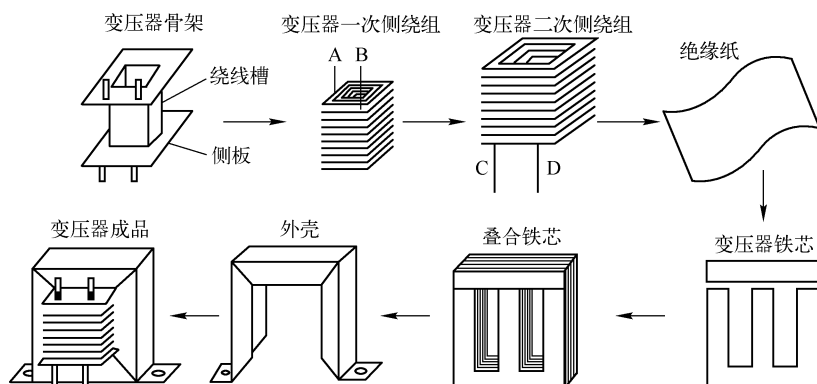
### 2. 低频变压器

低频变压器（见右图）用于传输信号电压和信号功率，还可实现电路之间的阻抗匹配，对直流电具有隔离作用。低频变压器又可分为音频变压器和电源变压器两种；音频变压器又分为级间耦合变压器、输入变压器和输出变压器，外形均与电源变压器相似。

电源变压器的作用是将  $50\text{Hz}$ 、 $220\text{V}$  交流电压升高或降低，变成所需的各种交流电压。按其变换电压的形式，可分为升压变压器、降压变压器和隔离变压器等；按其形状构造，可分为长方体变压器或环形（俗称环牛）变压器等。

低频变压器立体效果图如下图所示。

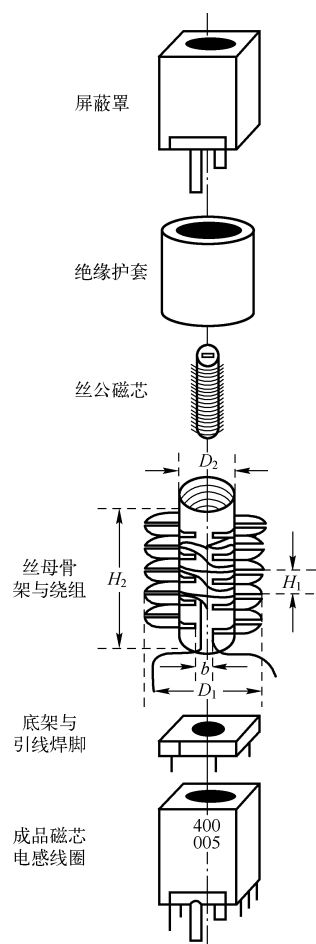




### 3. 中频变压器

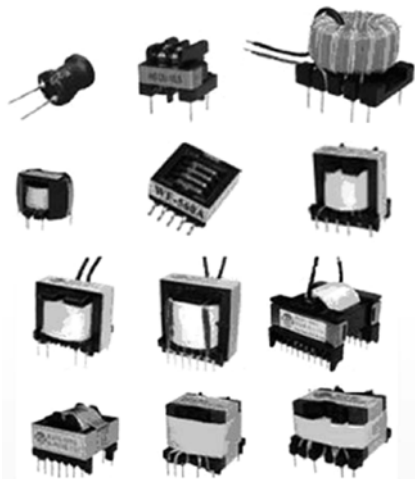
中频变压器（见右图）俗称中周，是超外差式收音机和电视机中的重要组件。中周的磁芯是用具有高频或低频特性的磁性材料制成的，低频磁芯用于调幅收音机，高频磁芯用于电视机和调频收音机。

中频变压器立体效果图（见右图）。中频变压器属于可调磁芯变压器，它由屏蔽外壳、磁帽（或磁芯）、尼龙支架、“工”字磁芯、引脚架等组成。调节其磁芯，改变线圈的电感量，即可改变中频信号的灵敏度、选择性及通频带。不同规格、不同型号的中频变压器不能直接互换使用。



#### 4. 高频变压器

高频变压器（见右图）可分为耦合线圈和调谐线圈两大类。耦合线圈的主要作用是连接两部分电路的信号传输，即前级信号通过它送至后级电路；调谐线圈与电容可组成串、并联谐振回路，用于选频电路等。天线线圈、振荡线圈等是高频线圈。开关电源变压器由于工作频率通常为几十千赫兹，也属于高频变压器。



#### 5. 脉冲变压器

脉冲变压器（见右图）用于各种脉冲电路，其工作电压、电流等均为非正弦脉冲波。常用的脉冲变压器有电视机的行输出变压器、行推动变压器、开关变压器，电子点火器的脉冲变压器，臭氧发生器的脉冲变压器等。



#### 6. 自耦变压器

自耦变压器（见右图）的绕组为有抽头的一组线圈，其输入端和输出端之间有电的直接联系，不能隔离为两个独立部分。



#### 7. 隔离变压器

隔离变压器（见右图）的主要作用是隔离电源、切断干扰源的耦合通路和传输通道，其一次侧、二次侧绕组的匝数比（即变压比）等于 1。隔离变压器分为电源隔离变压器和干扰隔离变压器。

##### 1) 电源隔离变压器

电源隔离变压器是具有“安全隔离”作用的 1:1 电源变压器，一般作为彩色电视机的维修设备。

彩色电视机的底板多数是“带有电”，在维修时若将彩色电视机与 220V 交流电源之间接入一只隔离变压器后，彩色电视机即呈“悬浮”供电状态。当人体偶尔触及隔离变压二次



侧（次级）的任意一端时，均不会发生触电事故（人体不能同时触及隔离变压器二次测的两个接线端，否则会形成闭合回路，发生触电事故）。

## 2) 干扰隔离变压器

干扰隔离变压器（见右图）是具有噪声干扰抑制作用的变压器，它可以使两个有联系的电路相互独立，不能形成回路，从而有效地切断干扰信号的通路，使干扰信号无法从一个电路进入另一个电路。干扰隔离变压器通常用于电源的输入端，是抗干扰电路的主要元器件之一。



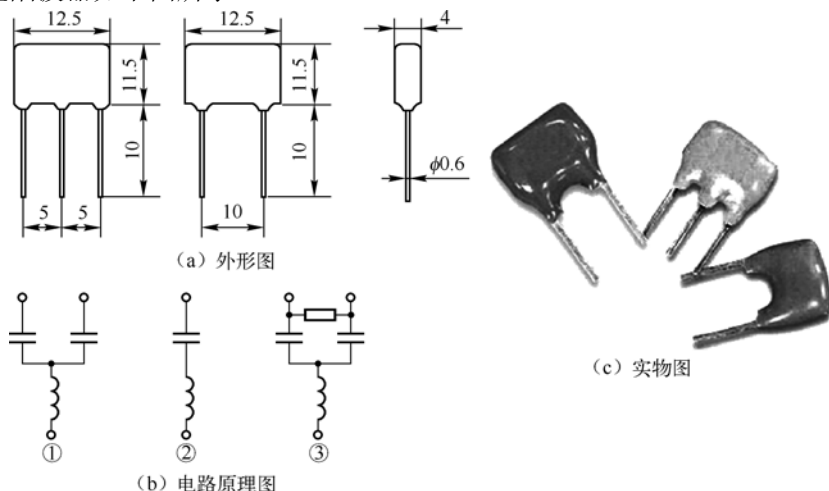
## 三、LC 组合器件的外形及特点

LC 组合器件是由电感和电容组成的。LC 组合器件主要有陷波器、滤波器和选频器等，广泛应用于家用电器及各种电子设备中。

### 1. 陷波器

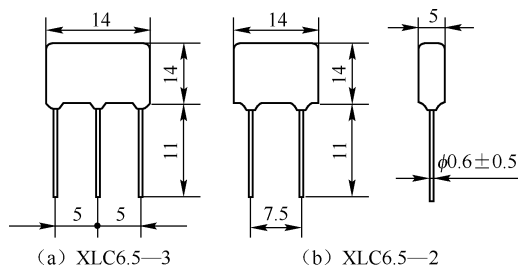
#### 1) LCT 型陷波器

LCT 型陷波器如下图所示。



#### 2) XLC6.5—2、XLC6.5—3 型陷波器（见下图）

XLC6.5—2、XLC6.5—3 型陷波器适合在电视机的伴音中放电路作为陷波回路，可代替中周，不需要调整，具有体积小、吸收频率准确、安装方便等特点。

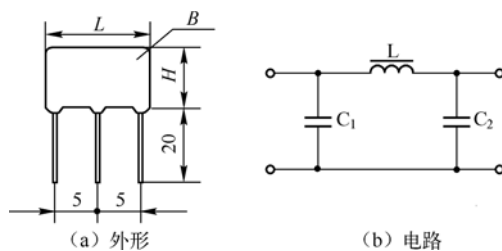


### 2. 滤波器

滤波器的作用就是使有用的信号频率能比较顺利地通过，而将无用及有害的信号过滤掉，或让它们受到较大的衰减。按工作频率的范围，可分为低通滤波器、高通滤波器及带通滤波器。

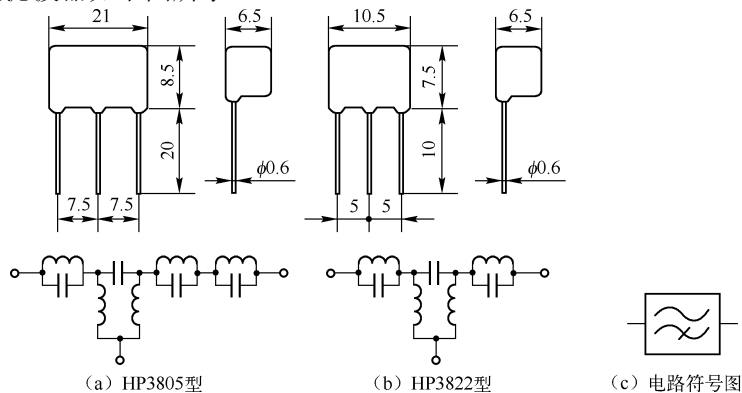
#### 1) LP 型低通滤波器

LP 型低通滤波器如下图所示。



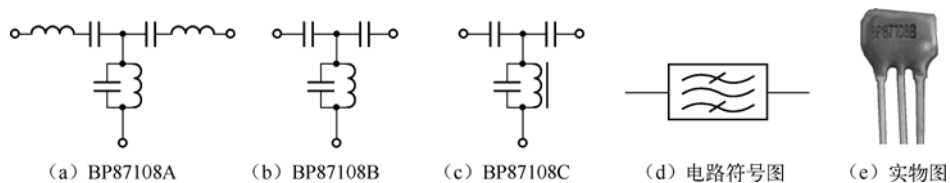
## 2) HP 型高通滤波器

HP 型高通滤波器如下图所示。



## 3) BP 型带通滤波器

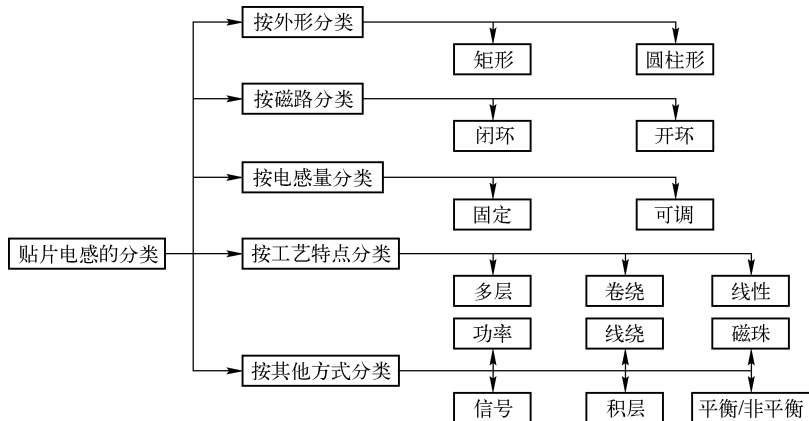
BP 型带通滤波器如下图所示。



## 3.1.2 贴片电感的分类

### 一、贴片电感的种类

贴片电感的分类如下图所示。



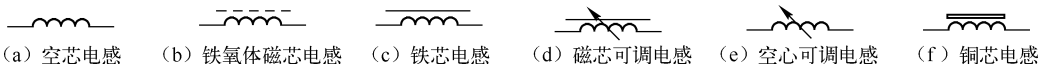
## 二、贴片式电感的外形及特点

与贴片电阻、电容不同，贴片电感（见右图）的形状多种多样，有的贴片电感很大，从外观上很容易判断，有的贴片电感的外观形状和贴片电阻、贴片电容相似，很难判断，此时只能借助万用表来判断。



## 3.2 电感的识别

在电路原理图中，电感常用符号“L”或“T”表示，不同类型的电感在电路原理图中通常采用不同的符号来表示，如下图所示。



电感工作能力的大小用“电感量”来衡量，表示产生感应电动势的能力。

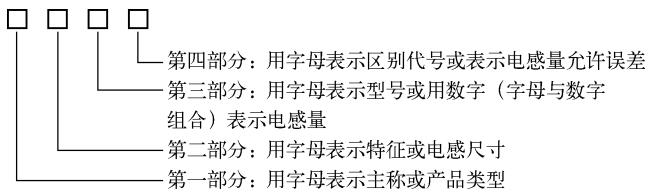
电感量的基本单位是亨利（H），简称亨，常用单位有毫亨（mH）、微亨（ $\mu\text{H}$ ）和纳亨（nH）。它们之间的换算关系为  $1\text{H}=10^3\text{mH}=10^6\mu\text{H}=10^9\text{nH}$ 。

### 3.2.1 通孔电感的识别

#### 一、电感的型号命名方法

##### 1. 电感型号命名方法之一

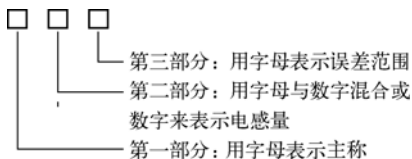
电感器型号由四部分组成，如右图所示。其中，第一部分用字母表示主称或产品类型，其中 L 代表电感线圈，ZL 代表阻流圈；第二部分用字母表示特征或电感尺寸，其中用 G



代表高频；第三部分用字母表示型号或用数字（字母与数字组合）表示电感量，其中 X 代表小型；第四部分用字母表示区别代号或表示电感量允许误差。

##### 2. 电感型号命名方法之二

电感器型号由三部分组成，如右图所示。其中，第一部分为主称，用字母 L 或 LP 表示电感线圈；第二部分用字母与数字混合或数字来表示电感量，如 2R2M（或 2.2）表示  $2.2\mu\text{H}$ 、100（或 10）表示  $10\mu\text{H}$ ；第三部分用





字母表示允许误差范围，如 J 表示 $\pm 5\%$ 、K 表示 $\pm 10\%$ 、M 表示 $\pm 20\%$ 。

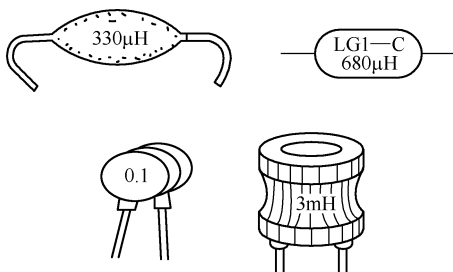
## 二、电感的主要技术指标（参见下表）

技术指标	解 说
电感量	电感量表示电感线圈工作能力的大小
品质因数 $Q$	电感的品质因数 $Q$ 是线圈质量的一个重要参数，它表示在某一工作频率下，线圈的感抗与其等效直流电阻的比值。 $Q$ 值反映线圈损耗的大小， $Q$ 值越高，损耗功率越小，电路效率越高
额定电流	线圈中允许通过的最大电流
线圈的损耗电阻	线圈的直流损耗电阻

## 三、电感的表示方法

### 1. 直标法

直标法（见右图）是将电感的标称电感量用数字和文字符号直接标在电感体上，电感量单位后面的字母表示允许误差。



### 2. 文字符号法

文字符号法（见右图）是将电感的标称值和允许误差用数字和文字符号按一定的规律组合标注在电感体上。采用文字符号法标注的电感通常是一些小功率电感，单位通常为 nH 或  $\mu\text{H}$ 。用  $\mu\text{H}$  做单位时，“R”表示小数点；用“nH”做单位时，“N”表示小数点。



例如，R47 表示电感量为  $0.47\mu\text{H}$ ，4R7 则表示电感量为  $4.7\mu\text{H}$ ；10N 表示电感量为 10nH。

### 3. 色标法

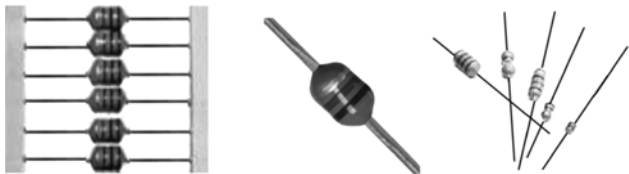
色标法（见右图）是在电感表面涂上不同的色环来代表电感量（与电阻类似），通常用三个或四个色环表示。识别色环时，紧靠电感体一端的色环为第一环，露出电感体本色较多的另一端为末环。

颜色	第一位有效值	第二位有效值	倍率	允许偏差
黑	0	0	$10^0$	$\pm 20\%$
棕	1	1	$10^1$	$\pm 1\%$
红	2	2	$10^2$	$\pm 2\%$
橙	3	3	$10^3$	$\pm 3\%$
黄	4	4	$10^4$	$\pm 4\%$
绿	5	5	$10^5$	
蓝	6	6	$10^6$	
紫	7	7	$10^7$	
灰	8	8	$10^8$	
白	9	9	$10^9$	
金			$10^{-1}$	$\pm 5\%$
银			$10^{-2}$	$\pm 10\%$

注意：用这种方法标注的色环电感量，默认单位为微亨（ $\mu\text{H}$ ）。

例如，色环颜色分别为棕、灰、银、金的电感，其电感量为  $1.8\mu\text{H}$ ，允许误差为  $\pm 5\%$ 。

色环电感与色环电阻的外形相近（见右图），使用时要注意区分，通常色环电感外形以短粗居多，而色环电阻通常为细长外形。



4. 数码表示法

数码表示法（见右图）是用三位数字来表示电感量的方法，常用于贴片电感上。

三位数字中，从左至右的第一、第二位为有效数字，第三位数字表示有效数字后面所加“0”的个数。



注意：用这种方法标注的色环电感量，默认单位为微亨（ $\mu\text{H}$ ）。如果电感量中有小数点，则用“R”表示，并占一位有效数字。例如，标注为“330”的电感，其电感量为  $33 \times 100 = 33\mu\text{H}$ ，标注为“4R7”的电感，其电感量为  $4.7\mu\text{H}$ 。

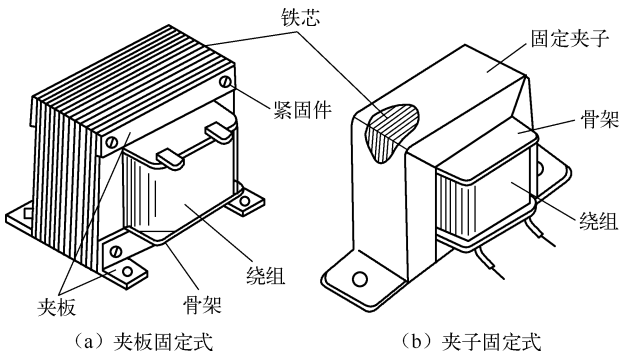
四、变压器的主要技术指标

变压器的主要技术指标较多，常有变压比、额定功率、效率、空载电流及绝缘电阻等，参见下表。

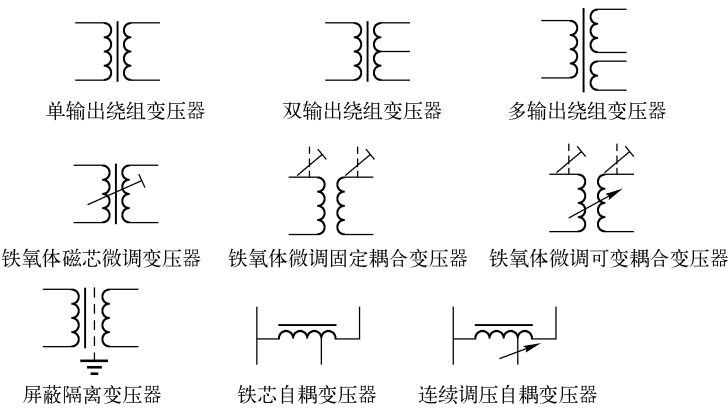
技术指标	解 说
变压比	变压比是变压器一次侧电压（或阻抗）与二次侧电压（或阻抗）的比值。通常变压比直接标出电压变换值，如 220V/10V；变阻比则以比值表示，如 3:1 表示一次侧、二次侧阻抗比为 3:1
额定功率	额定功率是变压器在指定频率和电压下能长期连续工作，而不超过规定温升时二次侧输出的功率，用伏安表示，习惯称瓦或千瓦。电子产品中变压器功率一般都在数百瓦以下
效率	效率是输出功率与输入功率之比。一般变压器的效率与设计参数、材料、制造工艺及功率有关。通常 20W 以下的变压器效率为 70%~80%，而 100W 以上的变压器效率可达 95%以上
空载电流	变压器在工作电压下二次侧空载或开路时，一次侧流过的电流称为空载电流。一般不超过额定电流的 10%，设计、制作良好的变压器空载电流可小于 5%。空载电流大的变压器损耗大、效率低
绝缘电阻	绝缘电阻反映变压器线圈之间、线圈与铁芯之间以及引线之间的绝缘性能。绝缘电阻是变压器特别是电源变压器安全工作的重要参数。常用的小型电源变压器绝缘电阻不小于 500M $\Omega$ ，抗电强度大于 2000V

五、变压器的识别

小型电源变压器的结构如右图所示，它主要由铁芯、骨架、绕组、绝缘物及紧固件等组成。



在电路原理图中，变压器通常用字母 “T” 表示，常见变压器在电路原理图中的符号如下图所示。



低频变压器型号的名称通常由三部分组成，如右图所示。

低频变压器型号的名称通常由三部分组成。  
第一部分：主称，用字母表示；  
第二部分：功率，用数字表示，单位用伏安（VA）表示；  
第三部分：序号，用数字表示。

低频变压器型号中主称部分字母所表示的含义参见表 3.1。

表 3.1 低频变压器型号中主称部分字母所表示的含义

字 母	含 义
DB	电源变压器
CB	音频输出变压器
RB	音频输入变压器
GB	高频变压器
HB	灯丝变压器
SB 或 ZB	音频输送变压器
SB 或 EB	音频变压器

中频变压器型号的名称也由三部分组成，如右图所示。

中频变压器型号的名称也由三部分组成。  
第一部分：用字母表示主称；  
第二部分：用数字表示尺寸；  
第三部分：用数字表示级数。

中频变压器型号中各部分的字母和数字所表示的含义参见表 3.2。

表 3.2 中频变压器型号中各部分的字母和数字所表示的含义

第一部分：主称		第二部分：尺寸（mm）		第三部分：级数	
字母	含义	数字	含义	数字	含义
T	中频变压器	1	7×7×12	1	第一级
L	线圈或振荡线圈	2	10×10×14	2	第二级
T	磁性瓷芯式	3	12×12×16	3	第三级
F	调幅收音机用	4	20×25×36		
S	短波段用				

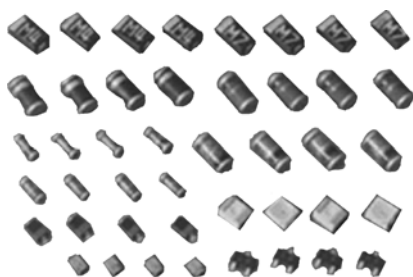
例如，TTF—2—1 型中频变压器，表示该变压器为调幅收音机用磁性瓷芯式中频变压器，外形尺寸为 10mm×10mm×14mm，用于中频第一级。

### 3.2.2 贴片电感的识别

#### 一、贴片电感的识别

##### 1. 贴片电感分类

贴片电感（见右图）按体积可分为小功率电感及大功率电感两类；按结构可分为绕线贴片电感、叠层型贴片电感、高频贴片电感器 3 种类型。



##### 2. 贴片电感电感量的标注方法

小功率电感量有 mH 及  $\mu\text{H}$  两种单位，分别用 N 或 R 表示小数点。例如，4N7 表示 4.7mH，4R7 则表示 4.7 $\mu\text{H}$ ；10N 表示 10mH，而 10 $\mu\text{H}$  则用 100 来表示。

大功率电感上有时印上 680K、220K 字样，分别表示 68 $\mu\text{H}$  及 22 $\mu\text{H}$ 。

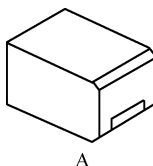
##### 3. 常用贴片电感

###### 1) 绕线贴片电感

绕线贴片电感（见下图）是用漆包线绕在骨架上做成的有一定电感量的元件。根据不同的骨架材料、不同的匝数、不同的  $Q$  值，它可分为 3 种形式。

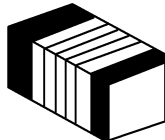
A 图所示结构：内部用漆包线绕在骨架上，外部有磁性材料屏蔽经塑料模压封装。这样的结构起到屏蔽作用，与其他电感元件之间相互影响小，可高密度安装。

外部塑料模压  
(有屏蔽)



A

方形陶瓷或  
铁氧体骨架



B

工字形  
铁氧体骨架



C

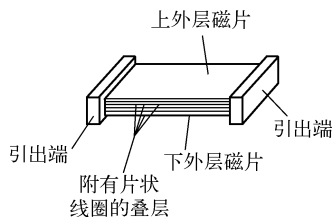
B 图所示结构：用长方形骨架绕线而成（骨架有陶瓷骨架或铁氧体骨架），两端头供焊接用，尺寸最小。

C 图所示结构：用漆包线绕在工字形陶瓷、铝或铁氧体骨架上，焊接部分在骨架底部，尺寸最大。

绕线型贴片电感的工作频率主要取决于骨架材料。例如，采用空心或铝骨架的电感是高频电感，采用铁氧体骨架的电感则为中、低频电感。

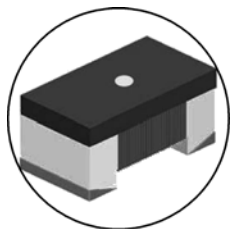
## 2) 叠层型贴片电感

叠层型贴片电感（见右图）由铁氧体膏浆及导电膏浆交替相间形成多层的叠层结构，并采用烧结工艺形成整体单片结构，其结构如图所示。有封闭的磁回路，所以有磁屏蔽作用。其特点是具有闭路磁路结构，没有漏磁；耐热性好，可靠性高；与线绕型相比，尺寸小得多，最小的尺寸为  $1\text{mm} \times 0.5\text{mm} \times 0.6\text{mm}$ ；适合高密度表面组装。该类片状电感适用于音频/视频设备及电话、通信设备。



## 3) 高频（微波）贴片电感

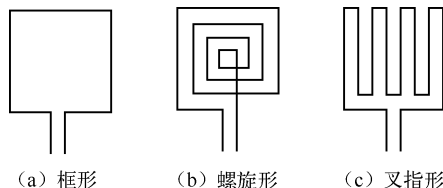
高频（微波）贴片电感（见右图）是在陶瓷基片上采用精密薄膜多层工艺技术制成的，具有较高的电感精度（ $\pm 2\%$  及  $\pm 5\%$ ），可应用于无线通信设备中。该电感主要特点是寄生电容小，自振频率高。例如， $8.2\text{mH}$  的电感器，其自振频率大于  $2\text{GHz}$ 。



高频电感（用于 UHF）的电感量较小，一般为  $1.5 \sim 100 \text{ mH}$ ，用于 VHF 段、HF 段的电感器，电感量为  $0.1 \sim 1000 \mu\text{H}$ （或更大）。电感量的允许误差一般有 J 级（ $\pm 5\%$ ）、K 级（ $\pm 10\%$ ）、M 级（ $\pm 20\%$ ）。工作温度范围为  $-25^\circ\text{C} \sim +85^\circ\text{C}$ 。

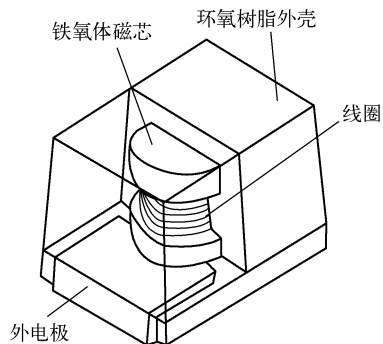
## 4) 薄膜型贴片电感

薄膜型贴片电感（见右图）是运用薄膜技术在玻璃基片上依次沉积 Mo-Ni-Fe 磁性膜、 $\text{SiO}_2$  膜、Cr 膜和 Cu 膜，然后进行光刻形成绕组，再依次沉积  $\text{SiO}_2$  膜和 Mo-Ni-Fe 磁性膜而成，其绕组形式有框形、螺旋形和叉指形。



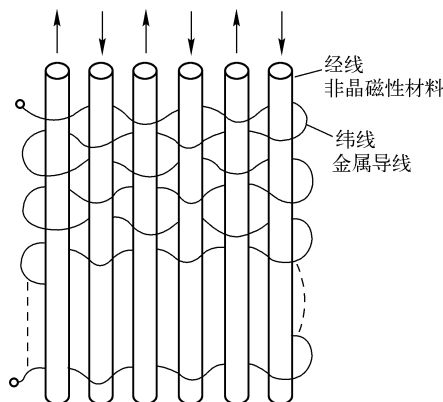
## 5) 大功率贴片电感

大功率贴片电感（见右图）是主要用于 DC/DC 转换器中，用作储能元件或大电流 LC 滤波元件（降低噪声电压输出）。它以方形或圆形工字形铁氧体为骨架，采用不同直径的漆包线绕制而成，都是绕线型。



## 6) 编织型贴片电感

编织型贴片电感是利用纺织技术，以  $\phi 80 \mu\text{m}$  非晶磁性纤维为经线、 $\phi 70 \mu\text{m}$  细钢线为纬线，“织”出的一种新型电感器，如右图所示。用这种方法制成的电感，其单位体积电感量较其他片式电感均有所提高。缺点是目前  $Q$  值还偏低，使用频率不高。



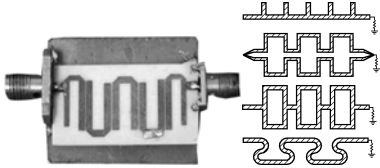
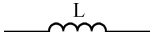

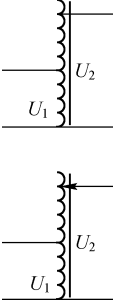

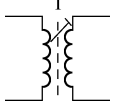
## 二、各种感性器件的识别

感性器件的种类、外形、特点及电路符号参见表 3.3。

表 3.3 感性器件的种类、外形、特点及电路符号

种 类	外 形	特 点	电 路 符 号
空心电感		没有骨架或采用非磁性骨架	
实心电感		骨架采用磁性材料	
铁氧体电感		骨架采用铁氧体，用于高频电路	
低频变压器		骨架采用硅钢片，有多组绕组，用于低频电路	
高频变压器		骨架采用铁氧体，有多组绕组，用于高频电路	
扼流圈		一般绕组只有一组或两组	
贴片电感		一种是两端为银白色，中间为白色；另一种是两端为银白色，中间为蓝色。还有一种常用于电源电路中，一般体积较大，通常为圆形或方形，颜色为黑色	
中频变压器（中周）		有屏蔽外壳，顶部有调节磁帽，某些型号其底部还有槽路电容	

续表

种 类	外 形	特 点	电 路 符 号
印刷电感器 (微带线)		印刷电感器又称微带线, 常用在高频电子设备中, 它是由印制电路板上一段特殊形状的铜箔构成的	
自耦变压器		自耦变压器的绕组为有抽头的一组线圈, 其输入端和输出端之间有电的直接联系, 不能隔离为两个独立部分	
隔离变压器		隔离变压器的主要作用是隔离电源、切断干扰源的耦合通路和传输通道, 其一次侧绕组、二次侧绕组的匝数比(即变压比)等于1	

### 3.3 电感的检测

准确测量电感线圈的电感量  $L$  和品质因数  $Q$ , 可以使用万能电桥或  $Q$  表。采用具有电感挡的数字式万用表来检测电感很方便。电感是否开路或局部短路, 以及电感量的相对大小可以用万用表进行粗略检测和判断。

#### 3.3.1 通孔电感的检测

##### 1. 外观检查

检测电感时先进行外观检查, 看线圈有无松散, 引脚有无折断, 线圈是否烧毁或外壳是否烧焦。若有上述现象, 则表明电感已损坏。

##### 2. 万用表电阻法检测

用万用表的欧姆挡检测线圈的直流电阻, 如右图所示。电感的直流电阻值一般很小, 匝数多、线径细的线圈能达几十欧; 对于有抽头的线圈, 各引脚之间的阻值均很小, 仅有几欧姆左右。若用万用表  $R \times 1\Omega$  挡检测线圈的直流电阻, 阻值无穷大说明线圈(或与引出线间)已经开路损坏; 阻值比正常值小很多, 则说明有局部短路; 阻值为零, 说明线圈完全短路。





对于有金属屏蔽罩的电感线圈，还需检查其线圈与屏蔽罩间是否短路。若用万用表测得线圈各引脚与外壳（屏蔽罩）之间的电阻不是无穷大，而是有一定电阻值或为零，则说明该电感内部短路。

### 3. 色码电感的检测

将万用表置于  $R \times 1\Omega$  挡，红、黑表笔接色码电感的引脚，此时指针应向右摆动。根据测出的阻值判别电感好坏：①阻值为零，则内部有短路性故障；②阻值为无穷大，则内部开路；③只要能测出电阻值，电感外形、外表颜色又无变化，可认为是正常的。

采用具有电感挡的数字式万用表检测电感时，将数字式万用表量程开关置于合适电感挡，然后将电感引脚与万用表两表笔相接即可从显示屏显示出电感的电感量，如右图所示。若显示的电感量与标称电感量相近，则说明该电感正常；若显示的电感量与标称电感量相差很多，则说明电感不正常。



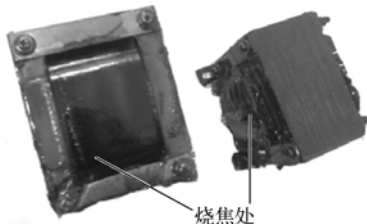
## 3.3.2 变压器的检测

### 1. 气味判断法

在严重短路性故障导致变压器损坏的情况下，变压器会冒烟，并会发出高温烧绝缘漆、绝缘纸的气味。这种气味不仅存在于变压器烧毁的当时，即使烧毁后存放很长时间之后，仍会散发出这种气味。因此，只要能闻到绝缘漆烧焦的气味，就表明变压器正在烧毁或已烧毁。

### 2. 外观观察法

用眼睛或借助放大镜，仔细查看变压器的外观（见右图），检查其是否引脚断路、接触不良；包装是否损坏，骨架是否良好；铁芯是否松动等。往往较为明显的故障，用观察法就可判断出来。



### 3. 变压器绝缘性能的检测

变压器绝缘性能可用指针式万用表的  $R \times 10k$  挡进行简易测量。分别测量变压器铁芯与一次侧绕组、一次侧绕组与二次侧绕组、铁芯与二次侧绕组、静电屏蔽层与一次侧绕组/二次侧绕组、二次侧各绕组间的电阻值（见右图），万用表的指针应指在无穷大处不动或大于  $100M\Omega$ ，否则，说明变压器绝缘性能不良。



二次侧绕组与外壳



一次侧绕组与二次侧绕组

### 4. 变压器线圈通/断的检测

将万用表置于  $R \times 1\Omega$  挡检测线圈绕组两个接线端子之间的电阻值（见右图），若某个绕组的电阻值为无穷大，则说明该绕组有断路性故障。电源



检测一次侧绕组



检测二次侧绕组



变压器发生短路的主要现象是发热严重和二次侧绕组输出电压异常。当变压器严重短路时，短时间通电后外壳就会有烫手的感觉。

### 5. 变压器绕组直流电阻的测量

变压器绕组的直流电阻很小，用万用表的  $R \times 1\Omega$  挡可检测绕组有无短路或断路情况（见右图）。一般情况下，电源变压器（降压式）一次侧绕组的直流电阻多为几十至上百欧姆，二次侧绕组的直流电阻多为零点几至几欧姆。对于中频变压器，绕组的直流电阻一般很小，只有零点几欧姆。



二次侧绕组的阻值为6.4 $\Omega$

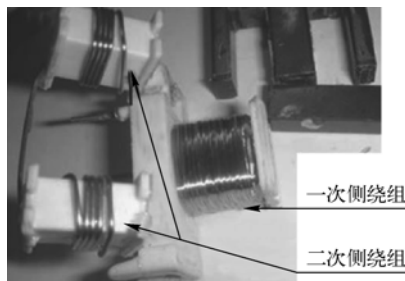


一次侧绕组的阻值为1.5k $\Omega$

### 6. 电源变压器一次侧、二次侧绕组的判别

电源变压器（降压式）一次侧引脚和二次侧引脚一般都是分别从两侧引出的，并且一次侧绕组多标有 220V 字样，二次侧绕组则标出额定电压值，如 12V、15V、24V 等。可根据这些标注进行识别。

电源变压器（降压式）一次侧绕组和二次侧绕组的线径是不同的。一次侧绕组是高压侧，线圈匝数多，线径细；二次侧绕组是低压侧，线圈匝数少，线径粗。因此根据线径的粗细可判别电源变压器的一次侧绕组、二次侧绕组。具体方法是观察电源变压器的绕组线圈，线径粗的线圈是二次侧绕组，线径细的线圈是一次侧绕组，如右图所示。



### 7. 电源变压器空载电压的检测

将电源变压器的一次侧绕组接 220V 市电，用万用表交流电压挡依次检测各绕组的空载电压值（ $U_{21}$ 、 $U_{22}$ 、 $U_{23}$ 、 $U_{24}$ ）是否符合要求值，如右图所示。允许误差范围一般为：高压绕组  $\leq \pm 10\%$ ，低压绕组  $\leq \pm 5\%$ ，带中心抽头的两组对称绕组的电压差应  $\leq \pm 2\%$ 。



一次侧绕组电压为21.6V



二次侧绕组电压为13.63V

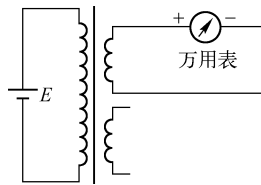
### 8. 各绕组同名端的判别

在使用电源变压器时，有时为了得到所需的二次侧绕组电压或增加绕组电流，可将两个或多个二次侧绕组串、并联使用。采用串、并联法使用电源变压器时，参加串、并联的各绕组的同名端必须正确连接，否则变压器不能正常工作。

电源变压器同名端可使用万用表简单判别，下面介绍电阻法和电压法判别电源变压器同名端的方法。

#### 1) 电阻法

指针式万用表判别电源变压器同名端的方法如右图所示。在电源变压器任意绕组上连接一节 1.5V 的干电池，将指针式万用表置于直流



电压小挡位，接于其余各绕组线圈。接通 1.5V 电源的瞬间，万用表的指针会很快摆动一下，如果指针向正方向偏转（向右偏转），则接电池正极的线头与接万用表正接线柱（即红表笔）的线头为同名端；如果指针反向偏转（向左偏转），则接电池正极的线头与接万用表负接线柱（即黑表笔）的线头为同名端。

用万用表判别电源变压器同名端时应注意以下两点：

（1）若电池接在电源变压器的一次侧绕组（即匝数较多的绕组），万用表应选用最小的量程，使指针摆动幅度较大，以利于观察；若变压器的二次侧绕组（即匝数较少的绕组）接电池，万用表应选用较大量程，以免损坏万用表。

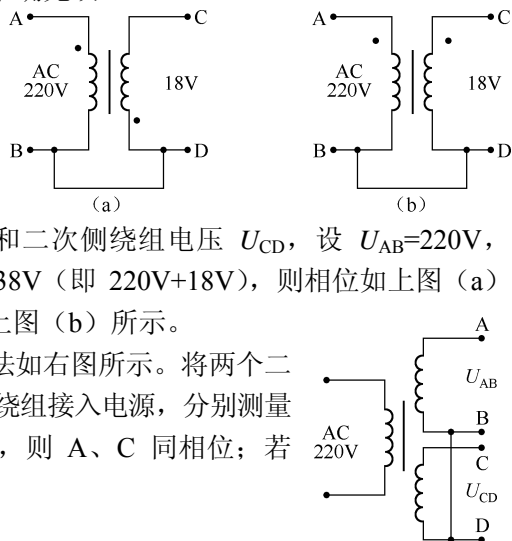
（2）在接通电池的瞬间，万用表指针会向某一个方向偏转，但断开电池时，由于自感作用，万用表指针将向相反方向偏转。如果接通和断开电池的时间间隔太短，有可能只看到断开电池时万用表指针的偏转方向，导致把判别结果搞错。所以接通电池后要等几秒后再断开电池，同样也可以多试几次，以保证判别结果准确无误。

## 2) 电压法

以降压电源变压器为例，其他变压器一次侧绕组、二次侧绕组相位检测方法类同，只是一次侧绕组电源电压不同，其检测原理如右图所示。

将变压器一次侧绕组 B 端与二次侧绕组 D 端用导线短接。分别测量一次侧绕组电压  $U_{AB}$  和二次侧绕组电压  $U_{CD}$ ，设  $U_{AB}=220\text{V}$ ， $U_{CD}=18\text{V}$ ；再测量 A、C 间电压  $U_{AC}$ ，若  $U_{AC}=238\text{V}$ （即  $220\text{V}+18\text{V}$ ），则相位如上图（a）所示。若  $U_{AC}=202\text{V}$ （即  $220\text{V}-18\text{V}$ ），则相位如上图（b）所示。

同一变压器二次侧绕组间相位关系的检测方法如右图所示。将两个二次侧绕组的一端短接（即 B、D 短路），把一次侧绕组接入电源，分别测量  $U_{AB}$ （ $U_{AD}$ ）、 $U_{CD}$ 、 $U_{AD}$ 、 $U_{AC}$ 。若  $U_{AC}=U_{AB}-U_{CD}$ ，则 A、C 同相位；若  $U_{AC}=U_{AB}+U_{CD}$ ，则 A、C 是反相位。

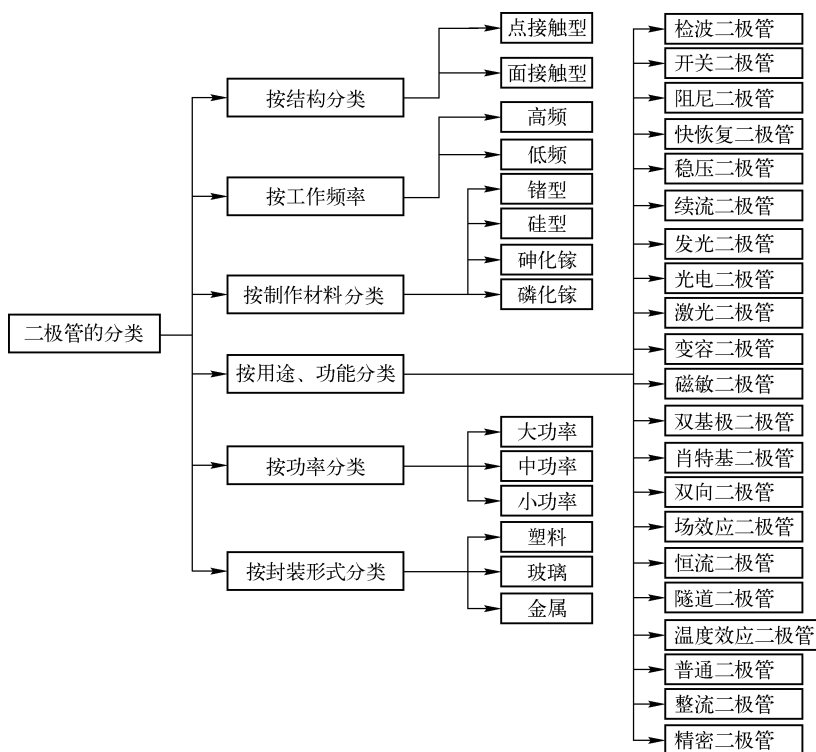


## 二极管的识别与检测

晶体二极管是常用的半导体器件，简称二极管。二极管是利用半导体 PN 结的单向导电性制成的器件，本质上就是一个 PN 结。在电路中二极管主要用于检波、整流、开关及稳压等。

### 4.1 二极管的分类

二极管的分类如下图所示。



二极管的规格品种很多，按所用半导体材料的不同，可以分为锗二极管、硅二极管、砷化镓二极管；按结构工艺的不同，可分为点接触型二极管和面接触型二极管；按用途可分为整流二极管、开关二极管、稳压二极管、检波二极管、发光二极管、钳位二极管等；按频

率可分为普通二极管和快恢复二极管等；按引脚结构可分为二引线型、圆柱形（玻封或塑封）和小型塑封型。

### 4.1.1 二极管的外形及特点

#### 一、整流二极管的外形及特点

整流二极管（见右图）是将交流电转换（整流）成脉动直流电的二极管。它是利用二极管的单向导电性工作的。整流二极管的外壳封装常采用金属壳封装、塑料封装和玻璃封装三种形式。通常情况下，正向工作电流大的二极管采用金属壳封装，采用塑料和玻璃封装的二极管正向电流较小。



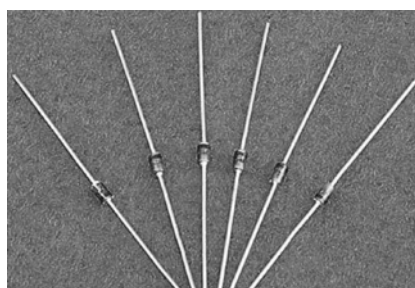
#### 二、检波二极管的外形及特点

检波二极管（见右图）是用于把在高频载波上的低频信号卸载下来（去载）的器件，具有较高的检波效率和良好的频率特性。检波二极管多采用玻璃封装，以保证良好的高频特性。

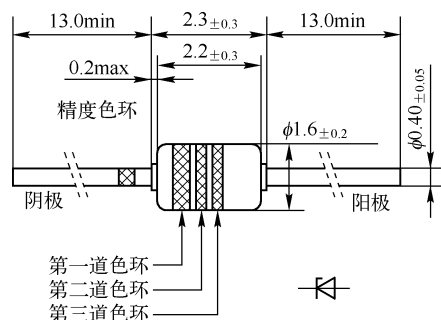


#### 三、稳压二极管的外形及特点

稳压二极管（见右图）在国外又称齐纳二极管，它是利用硅二极管的反向击穿特性（雪崩现象）来稳定直流电压的。它根据击穿电压来决定稳压值，因此，需要注意的是稳压二极管是加反向偏压的。稳压二极管主要用于稳压电源中的电压基准电路或过压保护电路。



有一种新型色环稳压二极管，它的管壁主体颜色呈淡黄色，用两道或三道色环来标注稳压值，靠近阴极端的色环为第一道色环，如右图所示。



稳压值低于 10V 的色环稳压二极管采用三道色环标注，第二道色环与第三道色环颜色相同。稳压值为 10~99V 的稳压二极管采用两道色环标注。

仅有两道色环的稳压二极管，其标称稳定电压为“××V”（几十伏）。第一环表示电压十位上的数值，第二环表示个位上的数值，如第一、二环颜色依次为棕、红的色环稳压二极管，其稳压值为 12V。

有三道色环且第二、三道色环颜色相同的稳压二极管，其标称稳定电压为“×.×V”（几点几伏）。第一环表示电压十位上的数值，第二环表示个位上的数值，第三环表示十分位（小数点后第一位）的数值。如色环为棕、黑、黄的色环稳压二极管，其稳压值为 10.4V。

负极引线上的一道色环表示精度，白色表示低精度（误差为 5%），蓝色表示中等精度（误差为 3%），红色表示精度最高（误差为 1%）。各种颜色所代表的数值参见表 4.1。

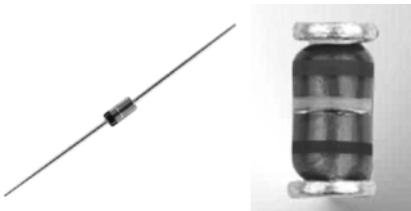


表 4.1 各种颜色所代表的数值

颜 色	代表数值 (%)
棕	1
红	2
橙	3
黄	4
绿	5
蓝	6
紫	7
灰	8
白	9
黑	0

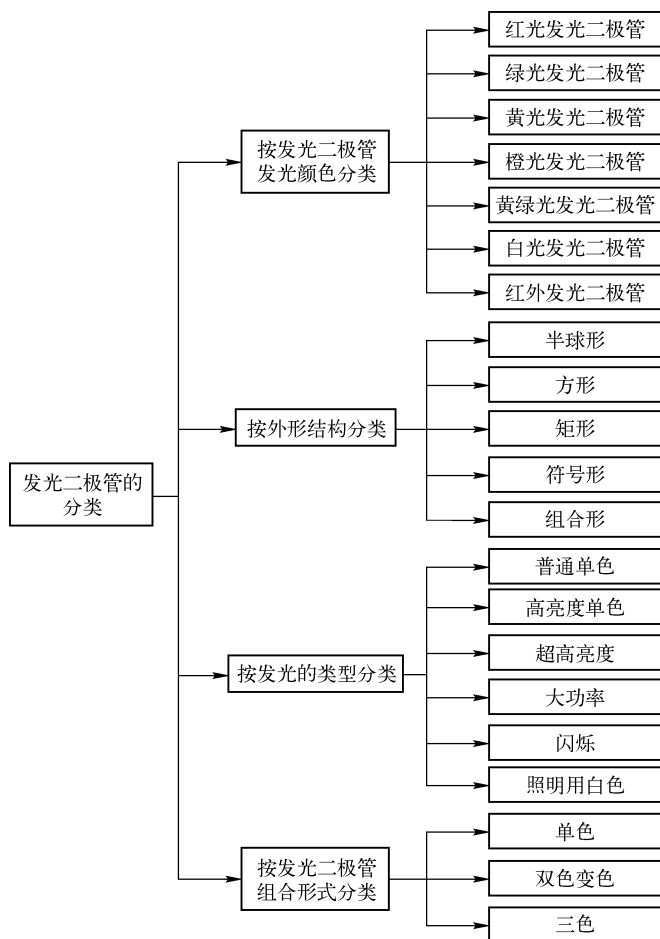
四、开关二极管的外形及特点

开关二极管（见右图）是利用半导体二极管的单向导电性，即导通时相当于开关闭合（电路接通），截止时相当于开关断开（电路切断）而特殊设计制造的一类二极管。开关二极管的特点是导通/截止速度快，能满足高频和超高频电路的需要，常用于脉冲数字电路、自动控制电路等。

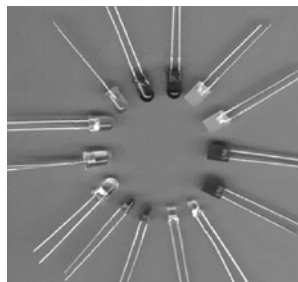


五、发光二极管的外形及特点

发光二极管的分类如下图所示。



发光二极管（LED）（见右图）是除了具有普通二极管的单向导电特性之外，还可以将电能转换为光能的器件。给发光二极管外加正向电压时，它处于导通状态，当正向电流流过管芯时，发光二极管就会发光，将电能转换成光能。常见的发光二极管发光颜色有红色、黄色、绿色、橙色、蓝色、白色等。除单色发光二极管外，还有可以发出两种以上颜色光的双色发光二极管和三色发光二极管。



发光二极管根据发出的光可见与否，又分为可见发光二极管和不可见发光二极管。

### 1. 可见发光二极管

可见发光二极管（见右图）发光时，是以电磁波辐射形式向外发射的。发光波长为 630~780nm 的为红光；发光波长为 555~590nm 的为黄光；发光波长为 495~555nm 的为绿光。单只可见发光二极管发射功率一般都不大，只有数毫瓦左右。通常，可见发光二极管常用的材料有砷铝化镓（GaAlAs）、磷砷化镓（GaAsP）、磷化镓（GaP）等。



BTV 系列电压型发光二极管与其他发光二极管相比略有不同, 这种系列二极管在元件内部串接有一只电阻器, 在使用时不必再串接限流电阻。

BTS 系列闪烁型发光二极管发光时具有闪烁性, 它的内部增加一个多谐振荡器, 其振荡频率为  $1.3 \sim 5.2\text{Hz}$ 。只要在 BTS 系列二极管两端加上  $5\text{V}$  电压, 它就会发出  $1\text{s}$  闪烁  $1.3 \sim 5.2$  次的光。

## 2. 不可见发光二极管

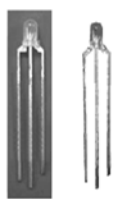
不可见发光二极管(见右图)就是红外线发光二极管, 其发光波长为  $940\text{nm}$ , 人眼无法识别这样的光, 常称之为发射二极管或红外线发射二极管。

红外线发射二极管发射功率一般不大, 只有数毫瓦左右, 但有效控制距离可达  $5 \sim 8\text{m}$ , 因此常用于遥控发射器中。

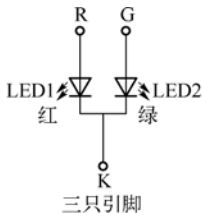


## 3. 双色发光二极管

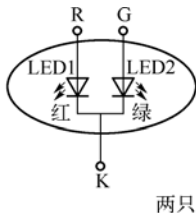
双色发光二极管(见下图)是将两种颜色的发光二极管制作在一起组成的, 常见的有红绿双色发光二极管。它的内部结构有两种连接方式: 一种是共阳极或共阴极, 即正极或负极连接为公共端; 另一种是正负连接形式, 即一只二极管正极与另一只二极管负极连接。共阳极或共阴极双色二极管有三只引脚, 正负连接式双色二极管有两只引脚。双色二极管可以发单色光, 也可以发混合色光, 即红、绿管都亮时, 发黄色光。



(a) 外形符号



三只引脚



两只引脚

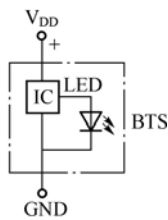
(b) 图形符号

## 4. 闪烁发光二极管

闪烁发光二极管(见右图)在通电后会时亮时暗闪烁发光, 它是将集成电路(IC)和二极管制作并封装在一起的。常见的闪烁发光二极管发出的光有红、绿、橙和黄四种, 它们的正常工作电压一般为  $3 \sim 5.5\text{V}$ 。



(a) 外形



(b) 图形符号

## 六、变容二极管的外形及特点

变容二极管(见右图)是利用反向偏压来改变 PN 结电容的特殊二极管。变容二极管相当于一个容量可变的电容, 其两个电极之间的 PN 结电容大小随外加反向偏压大小的改变而改变。通常用于振荡电路, 与其他元件一起构成 VCO (压控振荡器)。在手机电路、电视机高频调谐器中得到了广泛的应用。





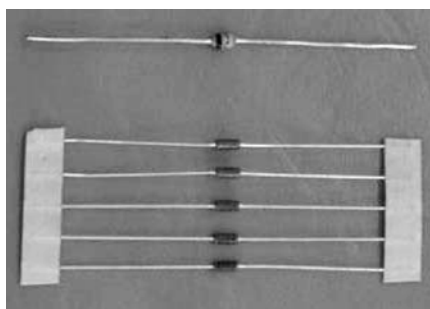
### 七、光敏二极管的外形及特点

当光敏二极管（见右图）受到光线照射时，其反向电阻会随之变化。随着光线照射的增强，光敏二极管反向电阻由大到小变化，常作为光电传感器件使用。



### 八、双向触发二极管的外形及特点

双向触发二极管（见右图）是一种硅双向电压触发开关器件，当双向触发二极管两端施加的电压超过其击穿电压时，两端即导通，导通将持续到电流中断或电流降到器件的最小保持电流，之后会再次关断。



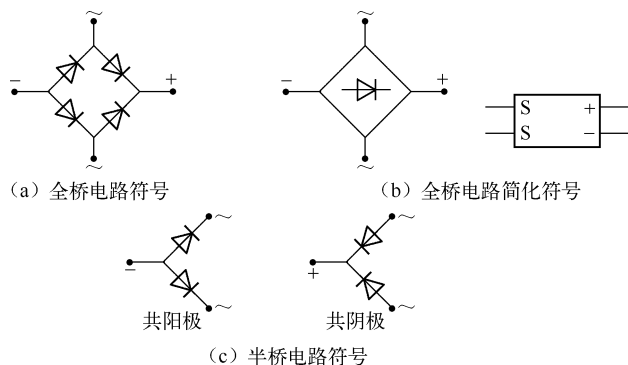
### 九、快恢复二极管的外形及特点

快恢复二极管（见右图）是一种开关特性好、反向恢复时间短的二极管，主要应用于开关电源、PWM 脉宽调制器及变频器等电子电路中。



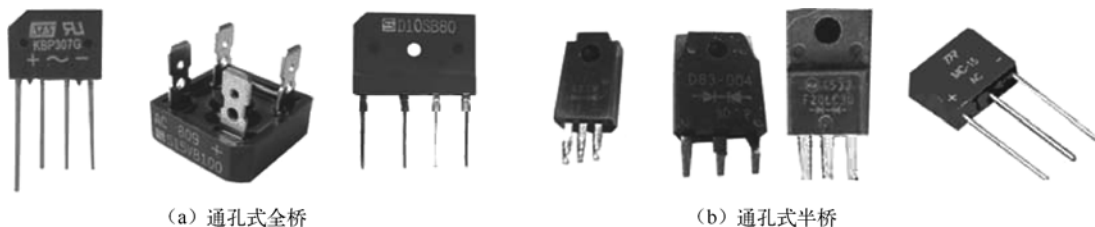
### 十、整流桥的外形及特点

由于整流电路通常为桥式整流电路，将几个整流二极管封装在一起的组件即整流桥（见下图）。整流桥可分全桥和半桥两种形式，全桥内部封装有 4 只二极管，半桥内部只封装两只二极管。





下图是通孔式全桥、半桥的外形图。

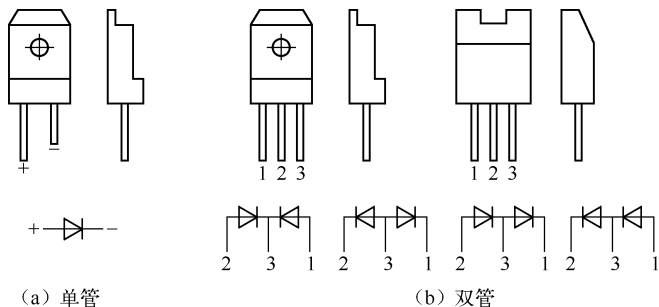


(a) 通孔式全桥

(b) 通孔式半桥

### 十一、肖特基二极管的外形及特点

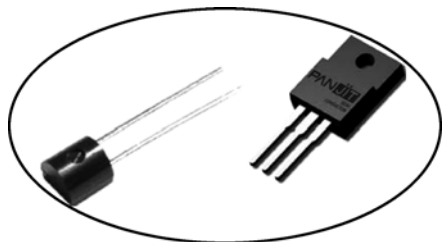
肖特基二极管（见下图）是低功耗、大电流、超高速的半导体器件。它的反向恢复时间极短，可缩短到 10ns 以内。其正向电流大，可达上百安，其正向压降不大于 0.4V，其反向耐压值一般不超过 100V，因此，肖特基二极管只适宜在低压、大电流条件下工作。



(a) 单管

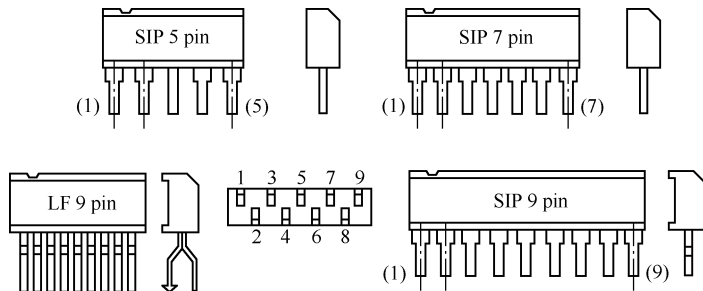
(b) 双管

肖特基二极管实物图如右图所示。



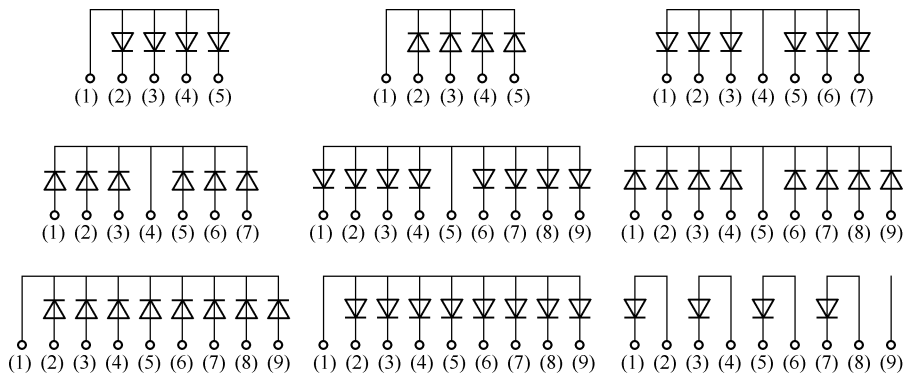
### 十二、二极管排

二极管排是将两只或两只以上的二极管通过一定的生产工艺封装在一起的器件，其结构如下图所示。



常用的二极管排有 3 端排、5 端排、7 端排、9 端排等。

二极管按其内部电路的连接形式，可分为共阴极型（即内部所有二极管的阴极连接在一起）、共阳极型（即内部内部所有二极管的阳极连接在一起）、串联型及独立型等，如下图所示。



4.1.2 贴片二极管

一、贴片二极管的分类

贴片二极管的分类参见表 4.2。

表 4.2 贴片二极管的分类

分 类 依 据	分 类	解 说
发光颜色	红、黄、绿、蓝	封装形式包括 0805、1206、1210 等
发光亮度	普亮、高亮、超亮	封装形式包括 0805、1206、1210 等
承受电流的限度	小电流	封装形式包括 1206 等
	大电流	尺寸包括 5.5mm×3mm×0.5mm 等
封装外形	圆柱无引线型	该类型的贴片二极管是将二极管芯片封装在具有内部电极的玻璃管中，两端采用金属帽做电极端贴焊。高速开关贴片二极管、通用贴片二极管、齐纳贴片二极管等均采用该类型的封装
	矩形贴片	该类型的贴片二极管常用于高频电路
	SOT23 等封装	组合复合的贴片二极管一般采用 SOT23 等封装。该封装形式也适用于高压贴片二极管
功能与特点	稳压贴片二极管	稳压贴片二极管一般稳压值为 3~30V，功率为 0.3~1W
	整流贴片二极管	整流贴片二极管可分为标准整流二极管、快速整流二极管、超快速整流二极管、肖特基整流二极管、贴片整流桥等
	开关贴片二极管	开关贴片二极管反向恢复时间非常短，正向电流一般为 100~200mA，反向峰值电压一般为几十伏，高速开关贴片二极管反向恢复时间一般小于或等于 4ns，超高速开关贴片二极管反向恢复时间一般小于或等于 1.6ns
	变容贴片二极管	变容贴片二极管正常工作时是加反向电压的，它属于电压控制型器件，一般多应用于振荡电路，与其他元件一起构成压控振荡器等
	瞬态电压抑制贴片二极管（TVS）	该二极管利用反向电压击穿特性来进行电压钳位与分流浪涌电流，抑制与消除电路系统中瞬间电压以起到保护功能的二极管。响应速度快、瞬间耐流高

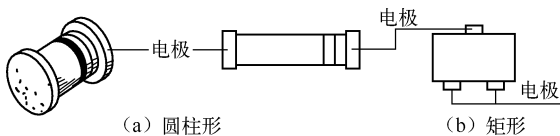
续表

分 类 依 据	分 类	解 说
功能与特点	快恢复贴片二极管 (FR)	工作频率大于 1000MHz 的电路一般选择快恢复贴片二极管。一般认为反向恢复时间为几百纳秒以内的为快恢复二极管，而反向恢复时间为几十纳秒以内的为超快恢复二极管
	肖特基贴片二极管	该二极管具有低功耗、大电流、比快恢复二极管工作效率更高等特点。它的反向恢复时间可以在 10ns 甚至 4ns 以下，反向恢复时间在 4ns 以下的称为超超快恢复二极管。肖特基贴片二极管工作频率为 1~3GHz，正向压降大约为 0.4V，反向峰值电压一般小于 100V，额定正向电流为 0.1 安至几安
峰值材料	塑料贴片二极管	塑料贴片二极管是一种小型化、片式化、无引脚的塑封二极管（二极管芯片采用环氧树脂热塑封装）
	玻璃贴片二极管	玻璃贴片二极管是一种小型化、片式化、无引脚型、可以用于表面贴装的玻封二极管（即利用玻璃高温熔化后包裹二极管芯片封装而成的一种二极管）
功能、组合特点	贴片整流桥	贴片整流桥是一种封装成小型化、片式化、无引脚型、可用于表面贴装的整流桥
	组合贴片二极管	组合贴片二极管内部不只包含一只二极管。组合贴片二极管可分为双贴片共阳二极管、双贴片共阴二极管等种类

## 二、各种贴片式二极管的外形及特点

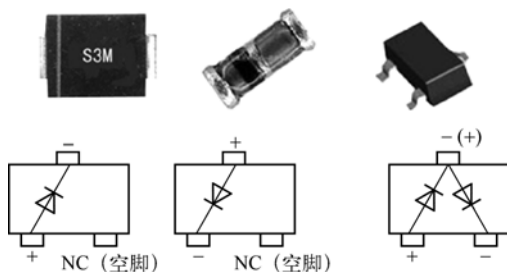
### 1. 常见的贴片式二极管

贴片式二极管常见的有圆柱形和矩形两种，如下图所示。圆柱形贴片二极管无引线，两个端面即是正、负极，内部由 PN 结芯片、壳体和金属电极组成。外观壳体一般为黑色，尺寸有  $5\times\phi2.5$ （mm）等规格。矩形贴片二极管通常有三条 0.65mm 的短引脚。



### 2. 贴片整流二极管

常见贴片整流二极管的外形结构如右图所示。



### 3. 贴片稳压二极管

常见贴片稳压二极管的外形如右图所示。



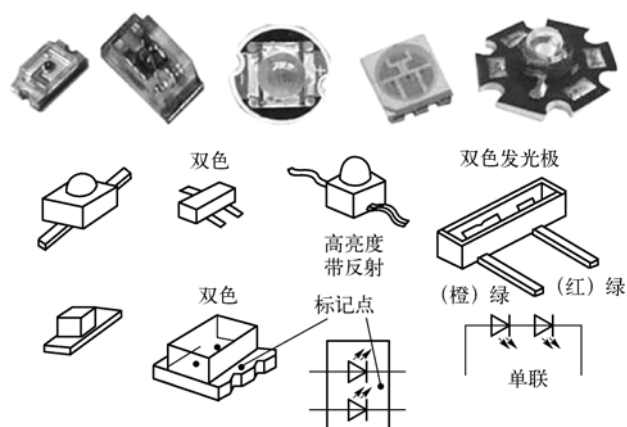
#### 4. 贴片开关二极管

常见贴片开关二极管的外形如右图所示。



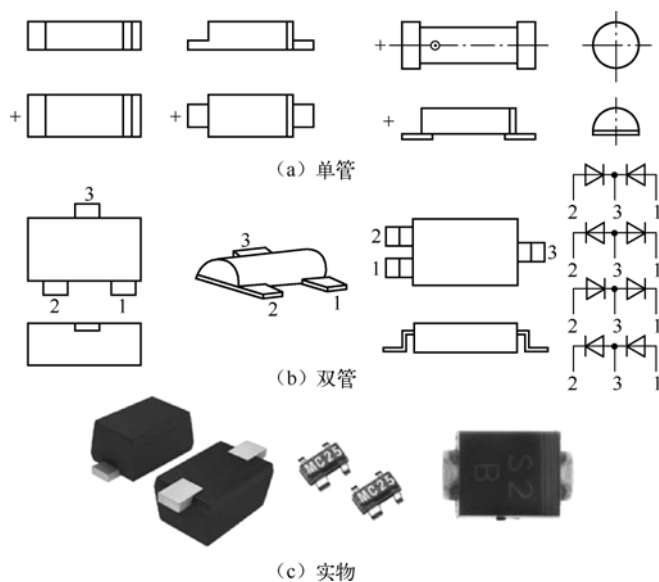
#### 5. 贴片发光二极管

常见贴片发光二极管的外形结构如下图所示。



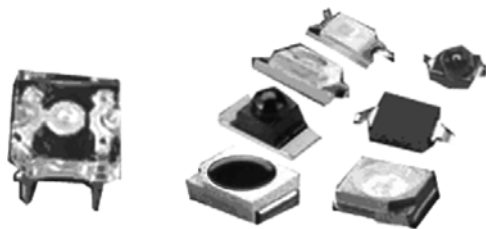
#### 6. 贴片快恢复二极管

常见贴片快恢复二极管的外形结构如下图所示。



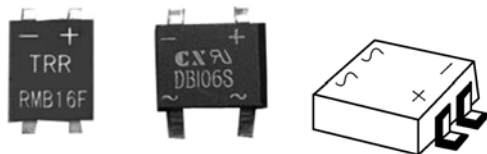
## 7. 贴片光敏二极管

贴片光敏二极管的外形如右图所示。



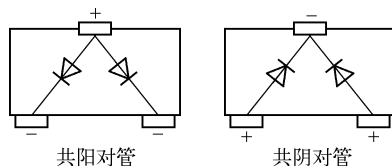
## 8. 贴片式全桥

贴片式全桥的外形如右图所示。



## 9. 贴片式半桥

贴片式半桥的结构如右图所示。



## 10. 贴片变容二极管

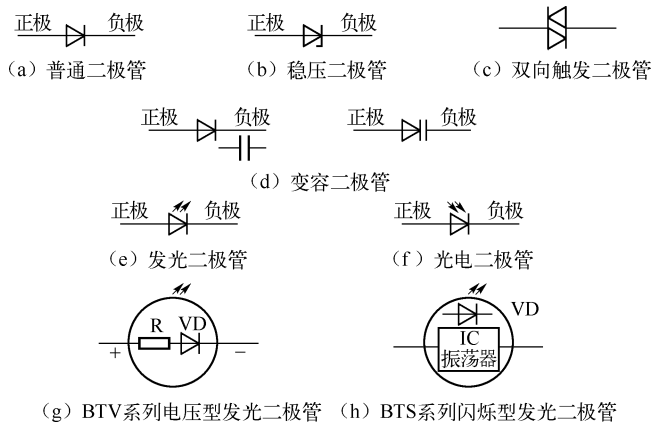
贴片变容二极管的外形如右图所示。



## 4.2 二极管的识别

普通二极管在电路中常用字母“D”或“VD”表示，稳压二极管在电路中用字母“VS”表示。

各种二极管的电路图形符号如下图所示。



4.2.1 国产二极管的型号命名

1. 国产普通二极管的型号命名

国家标准国产二极管的型号命名分为五个部分，如下图所示，各部分的含义参见表 4.3。

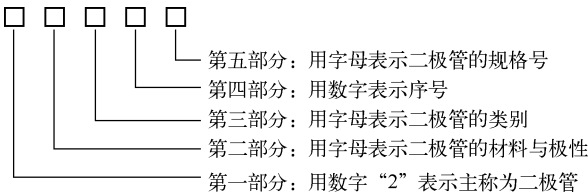


表 4.3 国产二极管的型号命名各部分的含义

第一部分：主称		第二部分：材料与极性		第三部分：类别		第四部分：序号	第五部分：规格号
数字	含义	字母	含义	字母	含义	用数字表示同一类别产品序号	用字母表示产品规格、档次
2	二极管	A	N 型锗材料	P	小信号管（普通管）		
				W	电压调整管和电压基准管（稳压管）		
				L	整流堆		
		B	P 型锗材料	N	阻尼管		
				Z	整流管		
				U	光电管		
		C	N 型硅材料	K	开关管		
				B 或 C	变容管		
				V	混频检波管		
		D	P 型硅材料	JD	激光管		
				S	隧道管		
				CM	磁敏管		
		E	化合物材料	H	恒流管		
				Y	体效应管		
				EF	发光二极管		

国产二极管型号命名示例如下表所示。

2AP9： N 型锗材料普通二极管	2CW56： N 型硅材料稳压二极管	2CN1： N 型硅材料阻尼二极管
2——二极管	2——二极管	2——二极管
A——N 型锗材料	C——N 型硅材料	C——N 型硅材料
P——普通型	W——稳压管	N——阻尼管
9——序号	56——序号	1——序号

2. 国产发光二极管型号命名

发光二极管是在普通二极管之后开发生产的，其型号命名主要由六部分组成，各部分组成如下图所示，各组成部分的含义参见表 4.4。

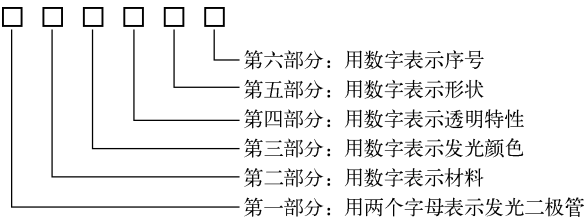
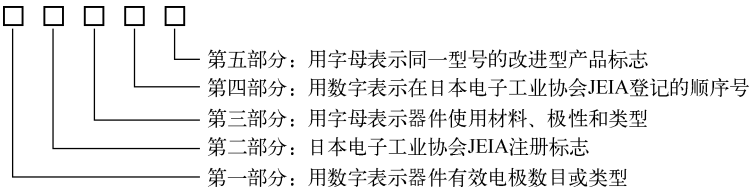


表 4.4 国产发光二极管型号命名各组成部分的含义

第 一 部 分：用两个 字母表示发 光二极管	第二部分：用 1 个数 字表示发光二极管材料		第三部分：用 1 个 数字表示发光二极管 颜色		第四部分：用 1 个数字 表示发光二极管透明特性		第五部分：用 1 个数字表示发光二 极管形状		第 六 部 分：产品序 号
	字符	意义	字符	意义	字符	意义	字符	意义	
FG	1	磷砷化镓材料	1	红	1	无色透明	0	圆形	用两个数 字表示发 光二极 管序号
			2	橙			1	长方形	
			3	黄	2	无色散射	2	符号形	
			4	绿					
	2	砷铝化镓材料	5	蓝	3	有色透明	3	三角形	
			6	复色			4	方形	
					4	有色散射	5	组合形状	
							6	特殊形状	
	3	磷化镓材料							

4.2.2 日本产品晶体管的型号命名

日本产品晶体管的型号命名由五至七部分组成，通常只用到前五个部分，各部分的组成如下图所示，各组成部分的含义参见表 4.5。



第六、七部分的符号及意义通常是各公司自行规定的。第六部分的符号表示特殊的用途及特性，其常用符号参见表 4.6；第七部分的符号主要作为器件某个参数的分挡标志或直流放大系数等。

表 4.5 日本晶体管型号各组成部分的含义

第一部分：用数字表示器件有效电极数或类型		第二部分：日本电子工业协会（JEIA）注册标志		第三部分：用字母表示器件使用材料、极性和类型		第四部分：用数字表示在日本电子工业协会 JEIA 登记的顺序号		第五部分：用字母表示同一型号的改进型产品标志	
符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义
0	光电二极管或三极管，以及包括上述器件的组合管	s	已在日本电子工业会（JEIA）注册登记的半导体器件	A	NPN 型高频管	四位以上的数字	从 11 开始，表示在日本电子工业协会注册的顺序号。不同公司性能相同的器件可以使用同一顺序号，其数值越大，越是近期生产的产品	A B C D E F	用字母表示原来型号的改进产品
				B	PNP 型低频管				
				C	NPN 型高频管				
				D	PNP 型低频管				
				F	P 控制极晶闸管				
				G	N 控制极晶闸管				
1	二极管			H	N 基极单结晶体管				
				J	P 沟道场效应管				
				K	N 沟道场效应管				
2	三极管或具有三个电极的器件			M	双向晶闸管				
3	具有四个有效电极的器件								
$n-1$	具有 $n$ 个有效电极的器件								

表 4.6 日本晶体管型号命名第六部分符号表示的用途及特性

符号	公司	符号含义
M	松下	符合日本防卫厅海上自卫队参谋部有关标准的登记产品
N	松下	符合日本广播协会（NHK）有关标准的登记产品
Z	松下	通信专用的可靠性高的器件
H	日立	通信专用的可靠性高的器件
K	日立	通信专用的塑料外壳的可靠性高的器件
T	日立	收发报推荐产品
G	东芝	专为通信设备制造的器件
S	三洋	专为通信设备制造的器件

一些日本产品晶体管元器件的外壳上标记的型号常常用简化标记的方法进行标注，即把 2S 省略。例如，2SC945 简化为 C945，2SC1674 简化为 C1674。

日本产品晶体管型号命名示例如下表所示。



2SC1815A	2SA42	2SC945A
2—三极管	2—三极管	2—三个有效电极
S—日本电子工业协会注册产品	S—JEIA 注册产品	S—JEIA 注册产品

4.2.3 美国晶体管的型号命名

美国生产的晶体管型号命名由五部分组成，各部分的组成如下图所示，各组成部分的含义参见表 4.7。

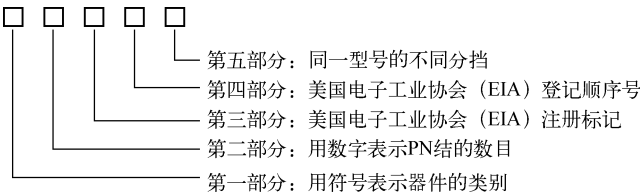


表 4.7 美国晶体管型号各组成部分的含义

第一部分：用符号表示器件的类别		第二部分：用数字表示 PN 结的数目		第三部分：美国电子工业协会（EIA）注册标记		第四部分：美国电子工业协会（EIA）登记顺序号		第五部分：用字母表示同一型号的不同分挡	
符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义
JAN 或 J	军用品	1	二极管	N	该器件已在美国电子工业协会（EIA）注册登记	多位数字	该器件在美国电子工业协会（EIA）的登记顺序号	ABCD	同一型号的不同分挡
		2	三极管						
		3	三个 PN 结						
—	非军用品	n	器件 n 个 PN 结器件						

例如，JAN2N3251A 表示军用 PNP 硅高频小功率开关三极管，该器件已在美国电子工业协会注册登记。

4.2.4 国际电子联合会半导体器件的型号命名

国际电子联合会半导体器件型号命名由四部分组成，各部分的组成如下图所示，各组成部分的含义参见表 4.8。

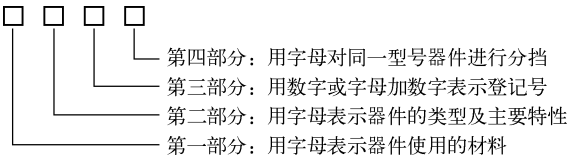


表 4.8 国际电子联合会半导体器件型号命名各组成部分的含义

第一部分：用字母表示器件使用的材料		第二部分：用字母表示器件的类型及主要特性				第三部分：用数字或字母加数字表示登记号		第四部分：用字母对同一型号器件进行分挡	
符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义
A	锗材料	A	检波、开关和混频二极管	M	封闭磁路中的霍尔元件	三位数字	通用半导体器件的登记序号（同一类型器件使用同一登记号）	A B C D E ⋮	表示同一型号的半导体器件按某一参数进行分挡的标志
		B	变容二极管	P	光敏元件				
B	硅材料	C	低频小功率三极管	Q	发光器件				
		D	低频大功率三极管	R	小功率晶闸管				
C	砷化镓	E	隧道二极管	S	小功率晶闸管	一个字母加两位数字	专用半导体器件的登记序号（同一类型器件使用同一登记号）		
		F	高频小功率三极管	T	大功率晶闸管				
D	铋化锑	G	复合器件及其他器件	U	大功率开关管				
		H	磁敏二极管	X	倍增二极管				
R	复合材料	K	开放磁路中的霍尔元件	Y	整流二极管				
		L	高频大功率三极管	Z	稳压二极管（即齐纳二极管）				

国际电子联合会半导体器件型号命名示例如下表所示。

BU208	BZY88C
B—硅材料	B—硅材料
U—大功率开关管	Z—稳压二极管
208—器件登记号	Y88—专用器件登记号
	C—允许误差±5%

4.2.5 二极管的主要技术指标

二极管的主要技术指标参见表 4.9。

表 4.9 二极管的主要技术指标

技 术 指 标	解 说
额定正向工作电流	额定正向工作电流是指二极管长期连续工作时允许通过的最大正向电流值。因为电流通过二极管时会使管芯发热，温度上升，当温度超过最大允许限度时，就会使管芯发热而损坏。所以使用二极管不要超过其额定正向工作电流值
反向击穿电压	在二极管上加反向电压时，反向电流会很小。当反向电压增大到某一数值时，反向电流将突然增大，这种现象称为击穿。二极管反向击穿时，反向电流会剧增，此时二极管就失去了单向导电性。二极管产生击穿时的电压称为反向击穿电压
最高反向工作电压 $U_R$	最高反向工作电压是保证二极管不被击穿而给出的反向峰值电压。加在二极管两端的反向电压高到一定值时，会将管子击穿，失去单向导电能力。为了保证使用安全，规定了最高反向工作电压

续表

技 术 指 标	解 说
最大浪涌电流 $I_F$	最大浪涌电流是二极管允许流过的最大正向电流。最大浪涌电流不是二极管正常工作时的电流，而是瞬间电流，通常大约为额定正向工作电流的 20 倍
最高工作频率 $f_M$	最高工作频率是指二极管在正常工作条件下的最高频率。如果加给二极管的信号频率高于该频率，二极管将不能正常工作，它的大小通常与二极管的 PN 结面积有关，PN 结面积越大， $f_M$ 越低，故点接触型二极管的 $f_M$ 较高，而面接触二极管的 $f_M$ 较低

4.2.6 二极管的识别

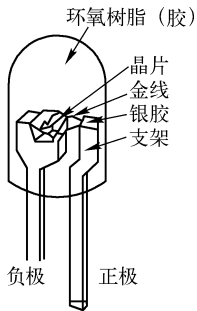
一、普通二极管极性的识别

小功率二极管（见下图）的负极通常在表面用一个色环标出；金属封装二极管的螺母部分通常为负极引线。



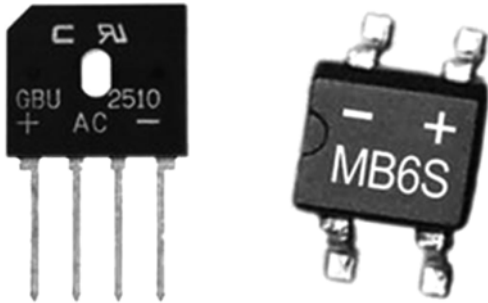
二、发光二极管极性的识别

发光二极管（见右图）通常用引脚长短来标识正、负极，长脚为正极，短脚为负极；仔细观察发光二极管，可以发现内部的两个电极一大一小：一般电极较小的一端是发光二极管的正极，电极较大的一端是负极，负极侧带缺口。



三、整流桥的识别

整流桥（见右图）的表面通常标注内部电路结构，或交流输入端及直流输出端的名称，交流输入端通常用“AC”或者“~”表示；直流输出端通常以“+”、“-”符号表示。



1. 整流桥参数的识别

国产全桥的参数主要包括正向电流 ( $I_O$ ) 和反向峰值电压 ( $U_{RM}$ )，其识别及标注方法

常有以下几种。

1) 直接用数字标注

例如，QL1A/100 或 QL1A100，都表示正向电流为 1A，反向峰值电压为 100V 的全桥。

2) 字母表示  $U_{RM}$  (参见表 4.10)，数字表示  $I_O$

表 4.10 字母与  $U_{RM}$  值的对应关系

字母	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M
电压 (V)	25	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000

例如，QL2AF 表示一个正向电流为 2A、反向峰值电压为 400V 的全桥。

3) 字母表示  $U_{RM}$ ，数字码表示  $I_O$  (参见表 4.10)

表 4.11 数字码与  $I_O$  值的对应关系

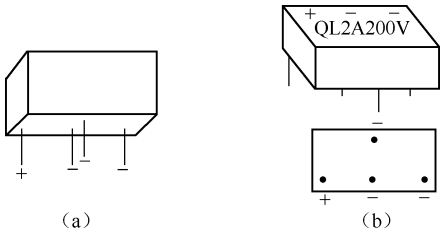
数字	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
电流 (A)	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5	1	2	3	5	10

例如，QL2B 表示正向电流为 0.1A、反向峰值电压为 50V 的全桥。

2. 引脚排列规律

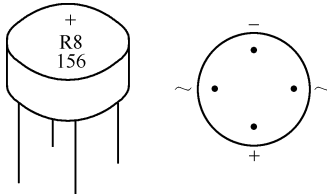
1) 长方形全桥组件

输入、输出端直接标注在组件表面上，“~”为交流输入端，“+”、“-”为整流输出端，如右图所示。



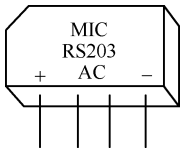
2) 圆柱形全桥组件

它的表面只标注“+”，在“+”的对面就是“-”极，其余两只引脚就是交流输入端，如右图所示。



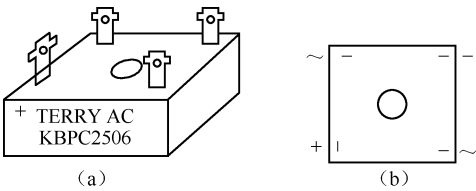
3) 扁平全桥组件

除直接标注正、负极与交流符号外，通常以靠近缺角端的引脚为正极（部分国产全桥组件为负极），中间为交流输入端，如右图所示。



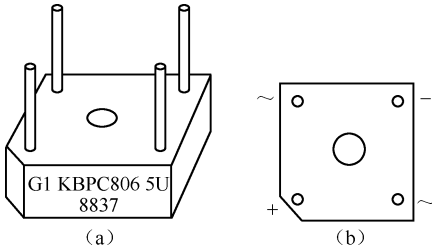
4) 大功率方形全桥组件

这类全桥由于工作电流大，使用时要另加散热器。散热器可通过中间圆孔加以固定。此类产品一般不标注型号和极性，可在侧面边上寻找正极标注。正极的对角线上的引脚是负极端，余下的两只引脚为交流端，如右图所示。



5) 大功率缺角全桥组件

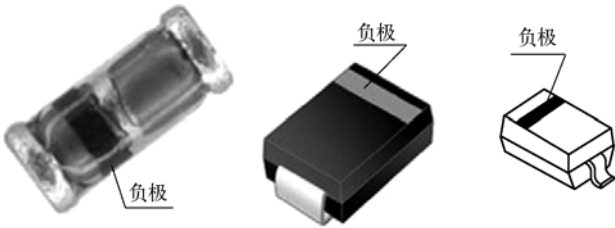
缺角方形全桥组件的缺角处引脚为正极，其余各引脚排列如右图所示。



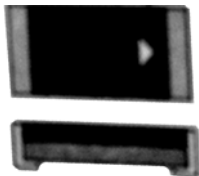
四、贴片二极管的识别

1. 贴片二极管极性的识别

贴片二极管（见右图）由于外形多种多样，极性标注也有多种方法：有引线的贴片二极管，管体白色色环的一端为负极；有引线而无色环的贴片二极管，引线较长的一端为正极；无引线的贴片二极管，表面有色带或者有缺口的一端为负极。



贴片发光二极管（见右图）有缺口的一端为负极。一般在零件表面用一黑点或在零件背面用一正三角形作标注，零件表面黑点一端为正极，黑色一端为负极；如果在背面作标注，则正三角形所指方向为负极。



2. 贴片二极管的封装形式

贴片二极管有多种封装形式，主要可分为二引线型、圆柱形（玻璃或塑料）和小型塑封型（SOT-23 及 SOT-89 型）。典型贴片二极管的封装及小型贴片塑封二极管电路结构参见表 4.12 和表 4.13。近年来又开发出 SC-70 封装的二极管新产品。

表 4.12 贴片二极管的封装

代号	封装型号	尺寸 (mm)	外 形 图	代号	封装型号	尺寸 (mm)	外 形 图
A	SOT-23	2.9×1.3		R	SOT-25 (FMD)	2.9×1.6	
B	SC-59	2.9×1.6		J	SOT-89	4.5×2.5	
C	SC-70 (UMT)	2.0×1.25		K	PSM	4.5×2.6	
D	SC-61 (SM-4)	2.9×1.6		M	与 DSM 同	2.5×1.5×1.5	与 E 同
E	DSM	1.7×1.25 1.2×0.6		N		3×2×2	
F	LL-34	φ1.5×3.4		P		7×4×2.7	
G	LL-41	φ2.8×5.0					

注：代号 D 的引脚中 1 脚较粗，而日立公司的引脚排列不同，如（ ）内所示。

表 4.13 小型贴片塑封二极管电路结构

代号	内部结构	代号	内部结构	代号	内部结构	代号	内部结构
1		4		7		10	
2		5		8		11	
3		6		9		12	

各种贴片封装二极管都有封装代号，参见表 4.14。

表 4.14 各种贴片封装二极管的封装代号

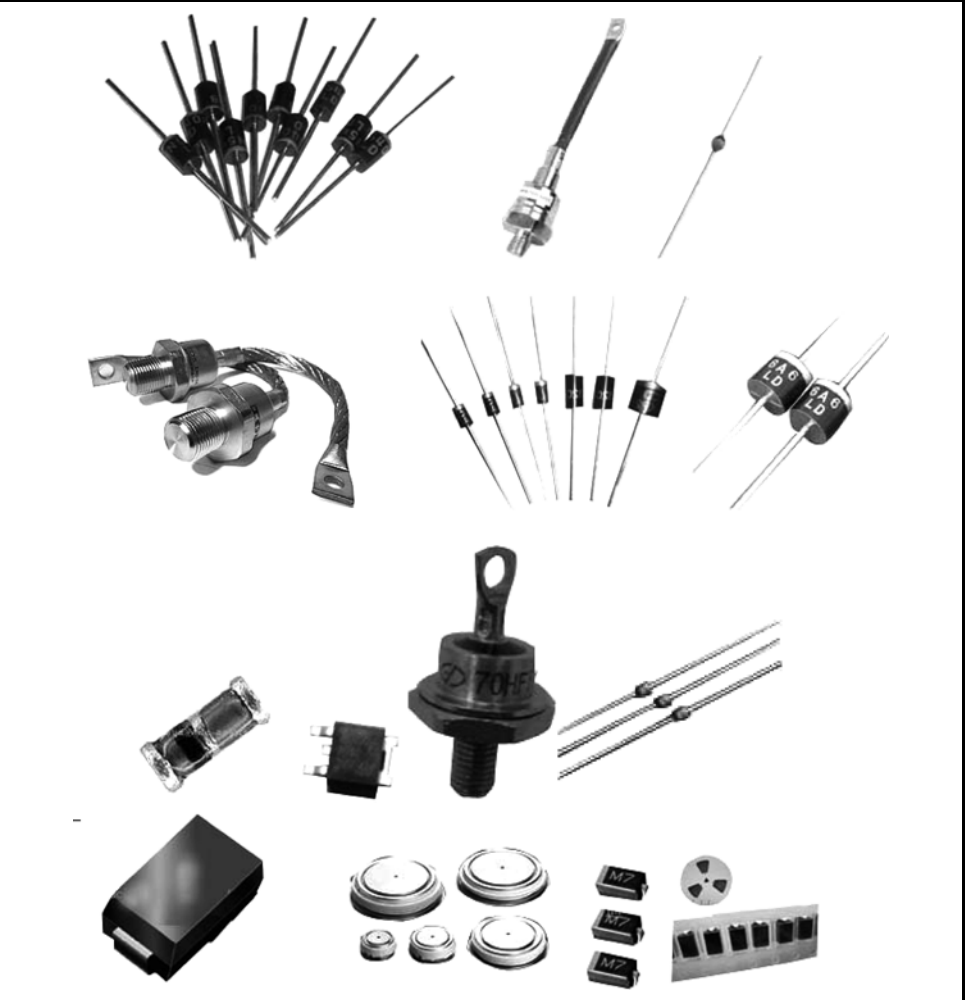
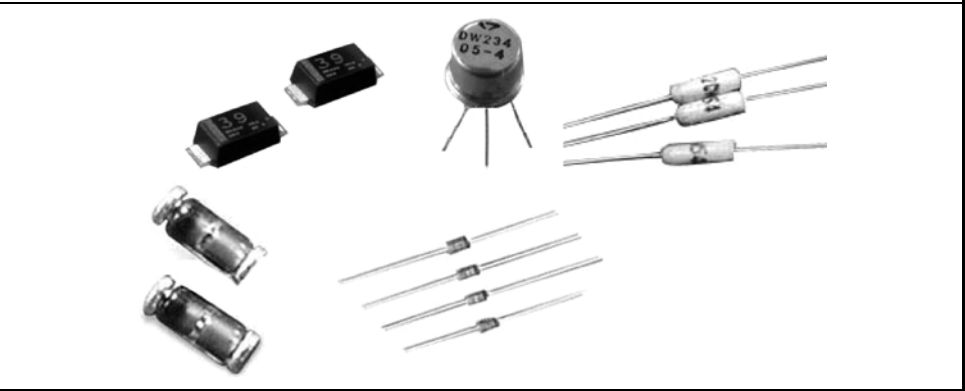
单位：mm

封装型号	小型塑封型（SOT-23 封装）			
	EM3	UMT/UMD	SST（U.S./欧洲 SOT-23）	SMT/SMD（SC-59/日本 SOT-23）
底面尺寸	 1608 (0603)	 2125 (0805)	 2913 (1105)	 2916 (1206)
封装型号	USM/DSM	PSM	LL-34	
底面尺寸	 1.25 1.7	 2.6 4.5	 3.4 1.5	
封装型号	玻封圆柱型	功率型（塑封型）		
	LL-41	MPD	CPDF5	
底面尺寸	 5.0 2.8	 4.5 2.5	 6.5 5.5	

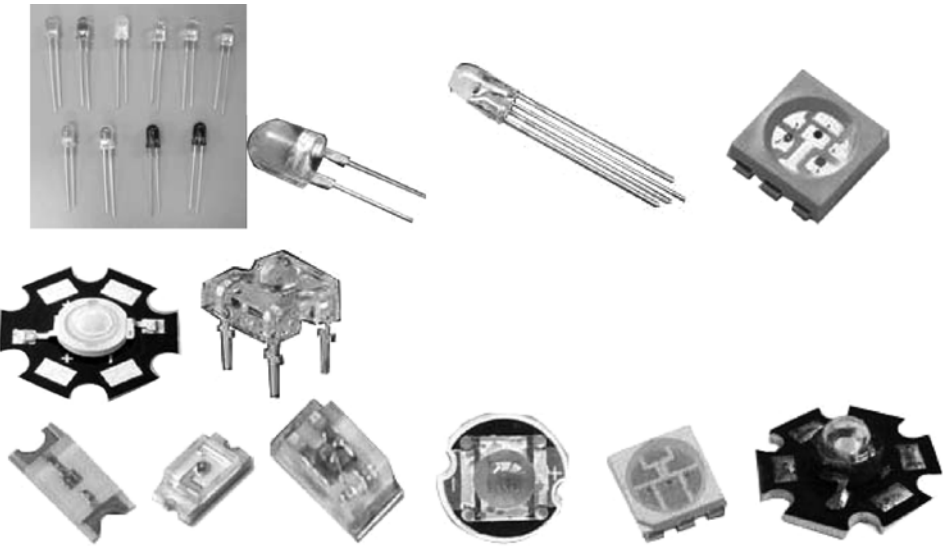
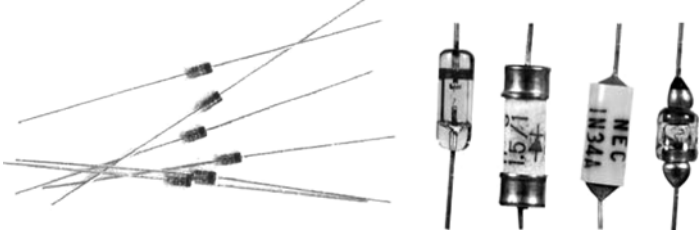
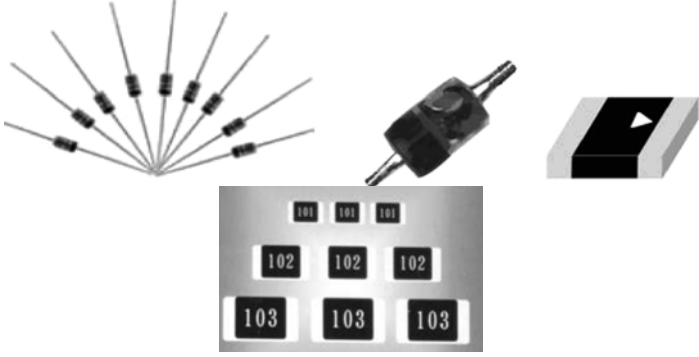
五、常用二极管的识别

常用二极管的名称与外形参见表 4.15。

表 4.15 常用二极管的名称与外形



名 称	外 形
整流二极管	
稳压二极管	

续表

名 称	外 形
发光二极管	 <p>模制树脂（透镜） 荧光体层 蓝色LED芯片 端子兼反光板 阳极 阴极</p> <p>红色LED芯片 蓝色LED芯片 绿色LED芯片 模制树脂（透明） 红阳极 蓝阳极 绿阳极 公共阴极端子兼反射板</p>
检波二极管	
开关二极管	



续表

名 称	外 形
红外线发射二极管	
光敏二极管	

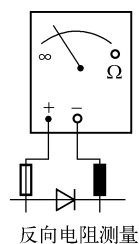
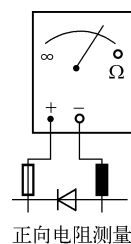
### 4.3 二极管的检测

二极管的极性一般都标注在管壳上。如果管壳上没有标注或标注不清,就需要用万用表进行检测。

#### 4.3.1 普通二极管的检测

##### 一、指针式万用表检测普通二极管

用指针式万用表测量普通二极管(整流二极管、检波二极管)正反向电阻如右图所示,测量判断的依据:正常二极管的正向电阻小,反向电阻大。



首先,将万用表置于  $R \times 100$  或  $R \times 1k$  欧姆挡。一般不用  $R \times 1$  挡,因为输出电流太大;也不宜用  $R \times 10k$  挡,因为电压太高,有些管子可能会被损坏。将两表笔分别接在二极管的两只引脚上,测出电阻值。然后对换两表笔,再测出一个阻值,根据这两次测得的结果,判断出二极管的质量好坏与极性,如右图所示。



测量的结果：

(1) 一次阻值大，另一次阻值小；阻值小时黑表笔接的是二极管的正极，红表笔接的是二极管的负极，二极管正常。

(2) 两次阻值都很大，二极管断路。

(3) 两次阻值都很小，二极管短路。

由于二极管的伏安特性是非线性的，使用万用表的不同电阻挡测量二极管的电阻时，会得出不同的电阻值；实际使用时，流过二极管的电流会较大，因此二极管呈现的电阻值会更小。

## 二、数字式万用表检测普通二极管

数字式万用表的红表笔接内部电池的正极，黑表笔接内部电池的负极，和指针式万用表刚好相反。将数字式万用表置于二极管挡，红表笔插入“V/ $\Omega$ ”插孔，黑表笔插入“COM”插孔，如右图所示。将两支表笔分别接触二极管的两个电极，如果显示溢出符号“1”，说明二极管处于反向截止状态，此时黑笔接的是二极管正极，红笔接的是二极管负极。反之，如果显示值在 100mV 以下，则二极管处于正向导通状态，此时与红笔接的是二极管正极，与黑笔接的是二极管负极。数字式万用表实际上测的是二极管两端的压降。



另外，开关二极管、阻尼二极管、隔离二极管、钳位二极管、快恢复二极管等的检测，可参考前面介绍的整流二极管的识别与判断方法。

## 三、二极管材料的判断

二极管是由哪种材料制成的，可使用数字式万用表加以判断。将数字式万用表调至二极管挡，红表笔接二极管正极，黑表笔接二极管负极，如右图所示。此时万用表的显示屏可显示出二极管的正向压降值。不同材料的二极管，它的正向压降是不同的。如果万用表显示的电压值在 0.150~0.300V 之间，则说明被测二极管是锗材料制成的；如果万用表显示的电压值在 0.400~0.700V 之间，则说明被测二极管是硅材料制成的。

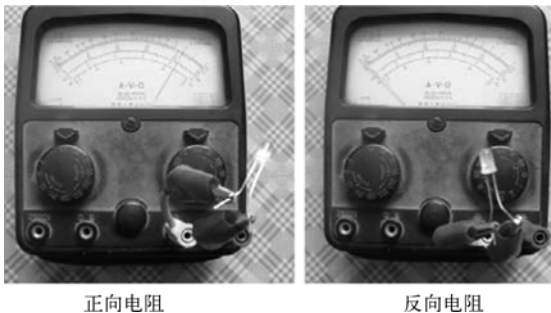


### 4.3.2 特殊二极管的检测

#### 一、发光二极管的检测

(1) 采用万用表的 R $\times$ 10k 挡对发光二极管进行检测，其测量方法及其性能的判断与普通二极管相同。但发光二极管的正、反向电阻均比普通二极管大得多。

将指针式万用表置于 R $\times$ 10k $\Omega$ 挡测量它的正、反向电阻值（如下图所示）。正常时，正向阻值为 15~40k $\Omega$ ，反向阻值大于 500k $\Omega$ 。



正向电阻

反向电阻

结论：正、反向电阻若接近 0，说明二极管已击穿损坏；若均为无穷大，说明二极管已开路损坏；若反向阻值远小于  $500\text{k}\Omega$ ，则说明二极管已漏电损坏。采用此种检测方法，可以看到有些发光管的发光情况。

#### 注意：

若用指针式万用表  $R \times 1\text{k}$  挡测量发光二极管的正、反向电阻值，则会发现其正、反向电阻值均接近无穷大，这是因为发光二极管的正向压降大于  $1.6\text{V}$ ，高于万用表  $R \times 1\text{k}$  挡内电池的电压值  $1.5\text{V}$ 。

(2) 用数字式万用表的  $R \times 20\text{M}$  挡，测量发光二极管的正、反向电阻值（如右图所示）。正常时，正向电阻小于反向电阻。较高灵敏度的发光二极管，用数字式万用表小量程电阻挡测发光二极管的正向电阻时，管内会发微光，所选的量程越小，管内发出的光越强。

用数字万用表的二极管挡测量发光二极管的正向导通压降，正常值为  $1500 \sim 1700\text{mV}$ ，且管内会有微光，红色发光二极管正向导通压降约为  $1.6\text{V}$ ，黄色的约为  $1.7\text{V}$ ，绿色的约为  $1.8\text{V}$ ，蓝、白、紫色发光二极管为  $3 \sim 3.2\text{V}$ 。



二极管挡测正向电阻



二极管挡测反向电阻

## 二、稳压二极管的检测

### 1. 稳压二极管的确定

稳压二极管极性与性能好坏的检测，与普通二极管的检测方法相似（如右图所示）。不同之处在于：当使用指针式万用表的  $R \times 1\text{k}$  挡测量二极管时，其反向电阻是很大的，此时，将万用表转换到  $R \times 10\text{k}$  挡，如果出现万用表指针向右偏转较大角度，即反向电阻值减小很多的情况，则该二极管为稳压二极管；如果反向电阻基本不变，说明该二极管是普通二极管，而不是稳压二极管。

稳压二极管的测量原理是：万用表  $R \times 1\text{k}$  挡的内电池电压较小，通常不会使普通二极

$R \times 1\text{k}$  挡测量  
反向电阻为  $\infty$



$R \times 10\text{k}$  挡  
测量反向电阻  
为  $75\text{k}\Omega$



管和稳压二极管击穿，所以测出的反向电阻都很大。当万用表转换到  $R \times 10k$  挡时，万用表内电池电压变得很大，使稳压二极管出现反向击穿现象，所以其反向电阻下降很多，由于普通二极管的反向击穿电压比稳压二极管高得多，因此普通二极管不会被击穿，其反向电阻仍然很大。

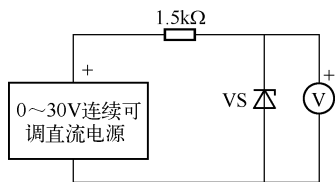
若测得稳压二极管的正、反向电阻均很小或均为无穷大，则说明该二极管已击穿或开路损坏。



$R \times 1k$  挡测量  
正向电阻为  $7.5k\Omega$

## 2. 稳压值的测量

对于 13V 以下的稳压管，可将 0~30V 连续可调直流稳压电源的输出电压调至 15V，将电源正极串联一只  $1.5k\Omega$  限流电阻后与被测稳压二极管的负极相连接，电源负极与稳压二极管的正极相接，再用万用表测量稳压二极管两端的电压值，所测的读数即为它的稳压值，如右图所示。若稳压二极管的稳压值高于 15V，则应将稳压电源调至 20V 以上。若测得稳压二极管的稳定电压值忽高忽低，则说明该二极管的性能不稳定。



## 三、光电二极管的检测

光电二极管的检测方法与普通二极管基本相同。不同之处在于：有光照和无光照两种情况下，反向电阻相差很大。若测量结果相差不大，说明该光电二极管已损坏，或该二极管不是发光二极管。

## 四、整流桥的检测

### 1. 全桥的检测

整流桥的表面通常标有其内部结构，即交流输入端用“AC”或“~”表示，直流输入端用“+”、“-”符号表示。其中“AC”或“~”为交流电压的输入端，“+”为整流后输出电压的正极，“-”为输出电压的负极。

右图所示为测量“+”极与两个“AC”引脚间各整流二极管的正向电阻值。



数字式万用表的黑表笔固定接“+”，红表笔接两个“AC”引脚



右图所示为测量“+”极与两个“AC”引脚间各整流二极管的反向电阻值。



数字式万用表的红表笔固定接“+”，黑表笔接两个“AC”引脚



右图所示为测量“-”极与两个“AC”引脚间各整流二极管的正向电阻值。



数字式万用表的红表笔固定接“-”，黑表笔接两个“AC”引脚



右图所示为测量“-”极与两个“AC”引脚间各整流二极管的反向电阻值。



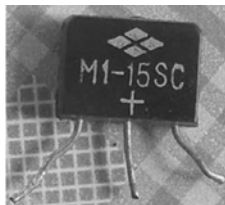
数字万用表的黑表笔固定接“-”，红表笔测量两个“AC”引脚



通过分别检测“+”极与两个“AC”、“-”极，以及两个“AC”之间各整流二极管的正、反向电阻值（与普通二极管的测量方法相同）是否正常，即可判断该全桥是否已损坏。若测得全桥内4只二极管的正、反向电阻值均为0或均为无穷大，则可判断桥内部该二极管已击穿或开路损坏。

## 2. 半桥的检测

半桥（见右图）是由两只整流二极管组成的，通过用万用表分别测量半桥内部两只二极管的正、反电阻值是否正常，即可判断出该半桥是否正正常。



以“+”端半桥输出、指针式万用表为例，红表笔接半桥中间“+”极引脚，黑表笔分别接半桥其余两个引脚，两个正向电阻为  $5k\Omega$ ，如右图所示。

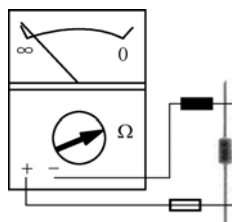


然后交换表笔，黑表笔接半桥中间“+”极引脚，红表笔分别接半桥其余两个引脚，两个反向电阻为无穷大，如右图所示。



## 五、双向触发二极管的检测

双向触发二极管正、反向电阻值的测量，可使用指针式万用表的  $R \times 1k$  挡或  $R \times 10k$  挡。正常时双向触发二极管正、反向电阻值均应为无穷大。如果测得正反向电阻值均很小或为 0，则说明被测二极管已击穿损坏，如右图所示。



测量双向触发二极管的转折电压常有以下几种方法。

(1) 如右图所示，将兆欧表的正极 (E) 和负极 (L) 分别接双向触发二极管的两端，用兆欧表提供击穿电压，同时用万用表的直流电压挡测量出电压值，将双向触发二极管的两极对调后再测量一次。然后比较两次测量的电压值的偏差 (一般为  $3 \sim 6V$ )。此偏差值越小，说明此触发二极管的性能越好。



(2) 先用万用表测出市电电压  $U$ ，然后将被测双向触发二极管串入万用表的交流电压测量回路后，接入市电电压，读出电压值  $U_1$ ，再将双向触发二极管的两极对调连接后并读

出电压值  $U_2$ 。

若  $U_1$  与  $U_2$  的电压值相同，但与  $U$  的电压值不同，则说明该双向触发二极管的导通性能对称。若  $U_1$  与  $U_2$  的电压值相差较大，则说明该双向触发二极管的导通性不对称。若  $U_1$ 、 $U_2$  电压值均与市电  $U$  相同，则说明该双向触发二极管内部已短路损坏。若  $U_1$ 、 $U_2$  的电压值均为  $0V$ ，则说明该双向触发二极管内部已开路损坏。

(3) 将  $0\sim 50V$  连续可调直流电源的正极串接 1 只  $20k\Omega$  电阻器后与双向触发二极管的一端相接，将电源的负极串接万用表电流挡（将其置于  $1mA$  挡）后与双向触发二极管的另一端相接。逐渐提高电源电压，当电流表指针有较明显摆动时（几十微安以上），则说明此双向触发二极管已导通，此时电源的电压值即是双向触发二极管的转折电压。

#### 六、红外光敏二极管的检测

将指针式万用表置于  $R\times 1k$  挡，测量红外光敏二极管的正、反向电阻值。正常时，正向阻值为  $3\sim 10k\Omega$ ，反向阻值为  $500k\Omega$  以上。

在测量反向电阻的同时，用电视机遥控器对着被测红外光敏二极管的接收窗口，正常时，在按动遥控器上的按键时，其反向阻值会由  $500k\Omega$  以上减小至  $50\sim 100k\Omega$ 。阻值下降越多，说明它的灵敏度越高。

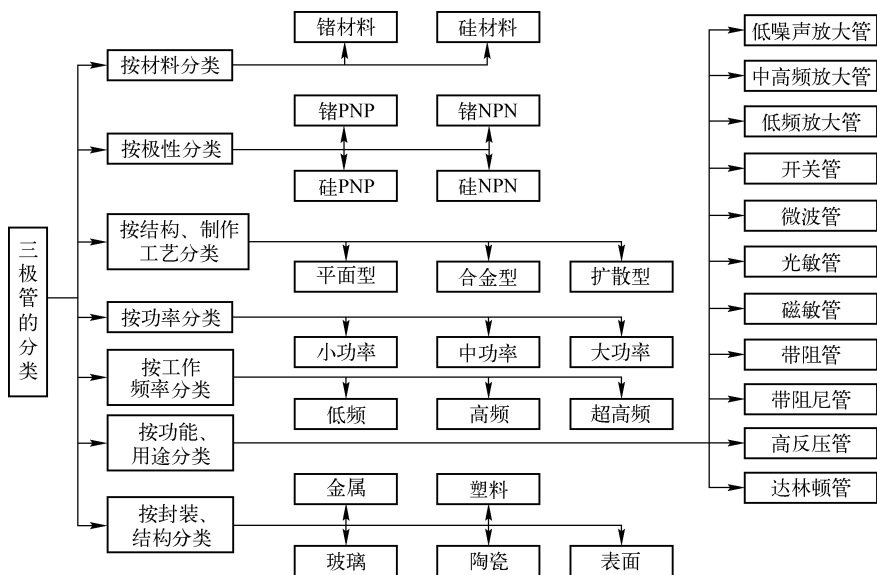


# 三极管的识别与检测

晶体三极管简称三极管，它的工作状态有三种，包括放大、饱和和截止，因此，三极管是放大电路的核心元件，具有电流放大能力，同时又是理想的无触点开关元器件。

## 5.1 三极管的分类

三极管的分类如下图所示。



三极管的种类较多，按三极管的制造材料来分，有硅管和锗管两种；按三极管的内部结构来分，有 NPN 和 PNP 两种；按三极管的工作频率来分，有低频管和高频管两种；按三极管允许耗散的功率来分，有小功率管、中功率管和大功率管。

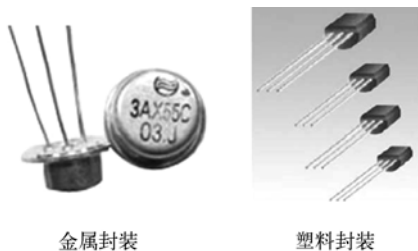
### 5.1.1 通孔三极管的外形及特点

#### 1. 小功率三极管

小功率三极管（见下图）是电子产品中用得最多的三极管。在通常情况下，把集电极最大允许耗散功率  $P_{CM}$  在 1W 以下的三极管称为小功率三极管。具体形状有很多，主

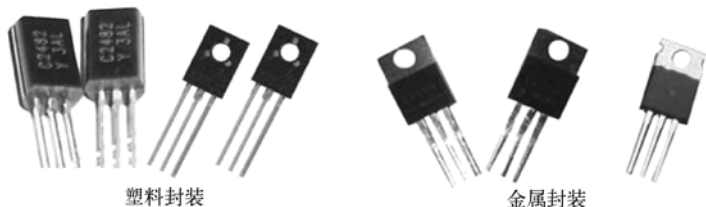


要用来放大交、直流信号，如用来放大音频、视频电压信号，作为各种控制电路中的控制器件等。



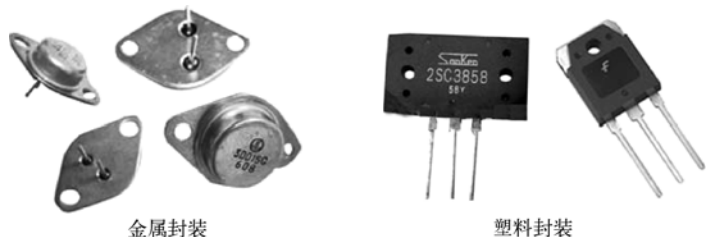
## 2. 中功率三极管

中功率三极管（见下图）主要用于驱动电路和激励电路，为大功率放大器提供驱动信号。通常情况下，集电极最大允许耗散功率  $P_{CM}$  在 1~10W 的三极管称为中功率三极管。



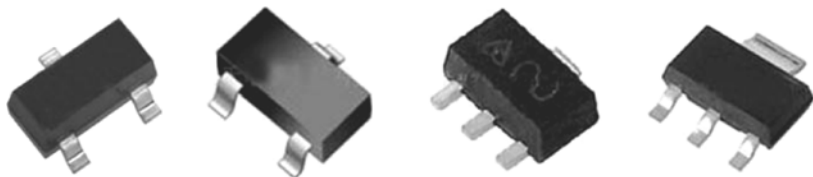
## 3. 大功率三极管

集电极最大允许耗散功率  $P_{CM}$  在 10W 以上的三极管称为大功率三极管（见下图）。由于大功率三极管耗散功率较大，工作时往往会引起芯片内温度过高，所以要设置散热片，根据这一特征可以判别是否是大功率三极管。大功率三极管常在大功率放大器中使用，通常情况下，三极管输出功率越大，其体积也越大，在安装时所需要的散热片也越大。

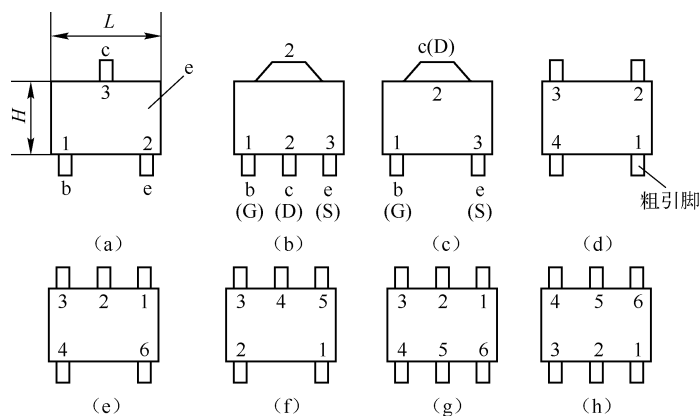


### 5.1.2 贴片三极管的外形及特点

采用表面贴装技术（Surface Mounted Technology, SMT）的三极管称为贴片三极管（见下图）。贴片三极管有三个引脚的，也有四个引脚的。在四个引脚的三极管中，比较大的一个引脚是集电极，两个相通引脚是发射极，余下的一个引脚是基极。



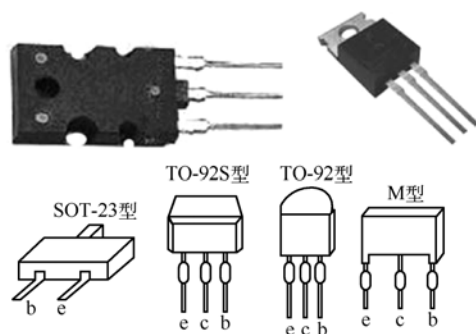
贴片三极管的封装形式很多。一般来讲，封装尺寸小的大都是小功率三极管，封装尺寸大的多为中功率三极管。一般贴片三极管很少有大功率管。贴片三极管有 3 个引脚的，也有 4~6 个引脚的，其中 2 引脚的为小功率普通三极管，4 引脚的为双栅场效应管或高频三极管，而 5~6 引脚的为组合三极管，如下图所示。



### 5.1.3 几种特殊三极管的外形及特点

#### 1. 带阻尼三极管

带阻尼三极管是将三极管与阻尼二极管、保护电阻封装为一体构成的特殊三极管，常用于彩色电视机和计算机显示器的行扫描电路中。常见带阻尼三极管外形及封装如右图所示。



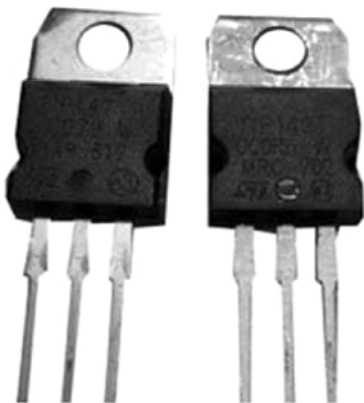
#### 2. 差分对管

差分对管（见右图）是将两只性能参数相同的三极管封装在一起构成的电子器件，一般用于音频放大器或仪器、仪表的输入电路中作为差分放大管。

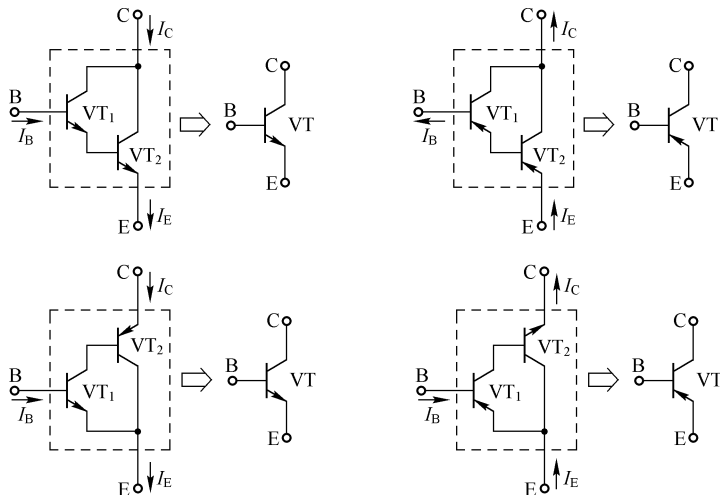


### 3. 达林顿管

达林顿管（见右图）是复合管的一种连接形式。它是将两只三极管或更多只三极管集电极连在一起，而将第一只三极管的发射极直接耦合到第二只三极管的基极，依次级联而成。达林顿管的放大系数很高，主要用于高增益放大电路、电动机调速电路、逆变电路，以及继电器驱动、LED 显示屏驱动等控制电路。



下图是达林顿管内部结构及其等效电路图。



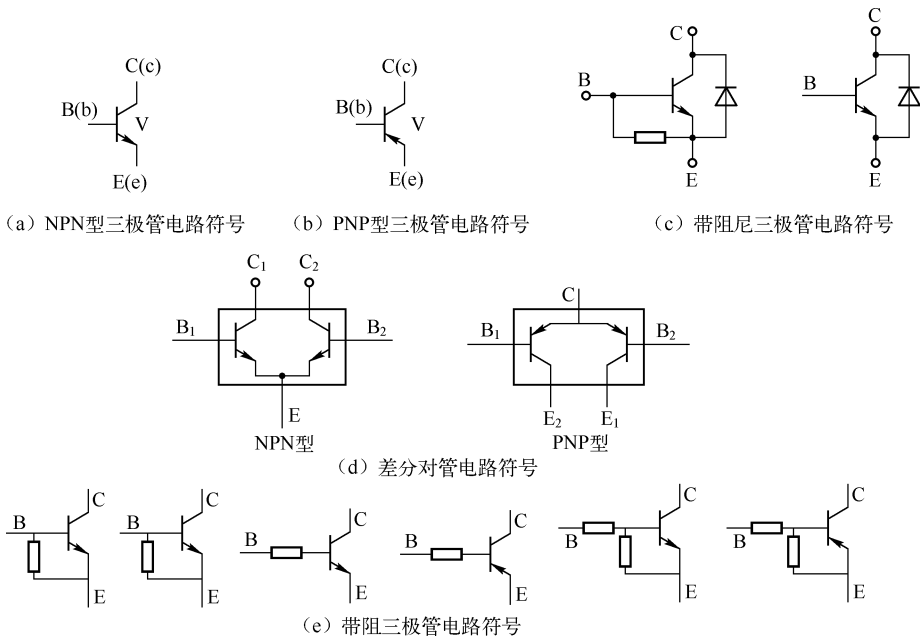
### 4. 带阻三极管

带阻三极管（见右图）是指基极和发射极之间接有一只或两只电阻，并与晶体管封装为体的三极管。由于带阻三极管通常应用在数字电路中，因此带阻三极管有时又被称为数字三极管或数码三极管。带阻三极管通常用作中速开关管，在电路中可视为电子开关，但其饱和导通时，管压降很小，广泛应用于电视机、影碟机、录像机、DVD 及显示器等家电产品中。



5.2 三极管的识别

三极管在电路中常用字母“Q”、“V”或“VT”加数字表示，电路原理图中三极管的符号如下图所示。



5.2.1 国产三极管的型号命名

国产三极管的型号命名由五部分组成，各部分的组成如右图所示，各部分的含义参见表 5.1。

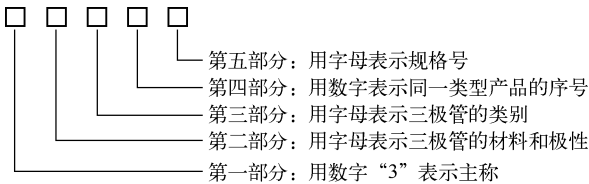


表 5.1 国产三极管的型号命名各部分的含义

第一部分：主称		第二部分：三极管的材料和特性		第三部分：类别		第四部分：序号	第五部分：规格号
数字	含义	字母	含义	字母	含义	用数字表示器件的序号	用汉语拼音字母表示规格号
3	三极管	A	锗材料、PNP 型	X	低频小功率管		
				G	高频小功率管		
		B	锗材料、NPN 型	D	低频大功率管		
				A	高频大功率管		

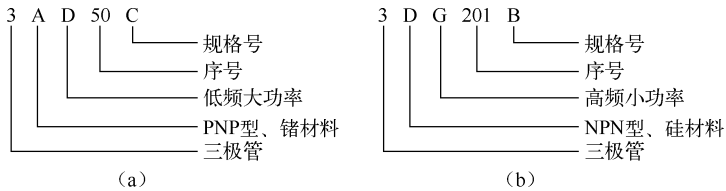
续表

第一部分：主称		第二部分：三极管的材料和特性		第三部分：类别		第四部分：序号	第五部分：规格号
数字	含义	字母	含义	字母	含义	用数字表示器件的序号	用汉语拼音字母表示规格号
3	三极管	C	硅材料、PNP 型	T	半导体闸流管		
				B	雪崩管		
		D	硅材料、NPN 型	J	阶跃恢复管		
				CS	场效应器件		
		E	化合物材料	BT	半导体特殊器件		
				FH	复合管		
				PIN	PIN 型管		
				JG	激光器件		

国产三极管型号命名示意图如下图所示。

(1) 三极管 3AD50C：锗材料 PNP 型低频大功率三极管，如下图 (a) 所示；

(2) 三极管 3DG201B：硅材料 NPN 型高频小功率三极管，如下图 (b) 所示。



5.2.2 国外三极管的型号命名

国外三极管的型号命名方法可参考第 4 章相关内容。

1. 日本半导体器件型号命名

日本半导体器件型号命名特点参见表 5.2。

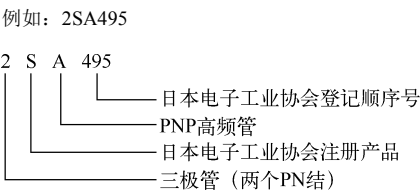
表 5.2 日本半导体器件型号命名特点

(1) 第一部分是数字，表示器件的类型和有效电极数。例如，用“1”表示二极管，用“2”表示三极管，屏蔽用的接地电极不是有效电极
(2) 第二部分均为字母 S，表示日本电子工业协会注册产品，而不表示材料和极性
(3) 第三部分表示极性和类型。例如，用 A 表示 PNP 型高频管，用 J 表示 P 沟道场效应三极管。第三部分既不表示材料，也不表示功率的大小
(4) 第四部分只表示在日本工业协会（EIAJ）注册登记的顺序号，并不反映器件的性能，顺序号相邻的两个器件在某一方面性能可能相差很远。例如，2SC2680 型的最大额定耗散功率为 200mW，而 2SC2681 的最大额定耗散功率为 100W。但是，登记顺序号能反映产品时间的先后。登记顺序号的数字越大，越是近期产品
(5) 第六、七两部分的符号和意义由各公司自行定义
(6) 日本有些半导体分立器件的外壳上标记的型号，常采用简化标记的方法，即把 2S 省略。例如，2SD764 简化为 D764，2SC502A 简化为 C502A

续表

(7) 在低频管（2SB 和 2SD 型）中，也有工作频率很高的三极管。例如，2SD355 的特征频率 $f_T$ 为 100MHz，所以，它们也可当高频管用
(8) 日本通常把 $P_{CM} \geq 1W$ 的三极管，称为大功率管

日本三极管命名方法示意图如右图所示。



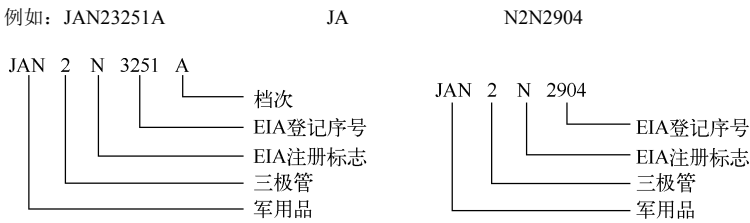
2. 美国晶体管型号命名

美国晶体管型号命名的特点参见表 5.3。

表 5.3 美国晶体管型号命名的特点

(1) 型号命名规定较早，又未作过改进，型号内容很不完备。例如，对于材料、极性、主要特性和类型，在型号中不能反映出来。例如，2N 开头的既可能是一般晶体管，也可能是场效应管。因此，仍有一些厂家按自己的规定进行型号命名
(2) 组成型号的第一部分是前缀，第五部分是后缀，中间的三部分为型号的基本部分
(3) 除去前缀以外，凡型号以 1N、2N 或 3N……开头的晶体管分立器件，大都是美国制造的，或按美国专利在其他国家制造的产品
(4) 第四部分数字只表示登记序号，而不含其他意义。因此，序号相邻的两器件可能特性相差很大。例如，2N3464 为硅 NPN 高频大功率管，而 2N3465 为 N 沟道场效应管
(5) 不同厂家生产的性能基本一致的器件，都使用同一个登记号。同一型号中某些参数的差异常用后缀字母表示。因此，型号相同的器件可以通用
(6) 登记序号数大的通常是近期产品

美国三极管命名方法示意图如下图所示。



5.2.3 三极管的封装形式及引脚识别

三极管的封装形式是指三极管的外形参数，也就是安装半导体三极管用的外壳。材料方面，三极管的封装形式主要有金属封装、陶瓷封装、塑料封装形式；结构方面，三极管的封装为 TO- $\times \times \times$ ， $\times \times \times$ 表示三极管的外形；装配方式有通孔插装（通孔式）、表面安装（贴片式）、直接安装；引脚形状有长引线直插、短引线或无引线贴装等。常用三极

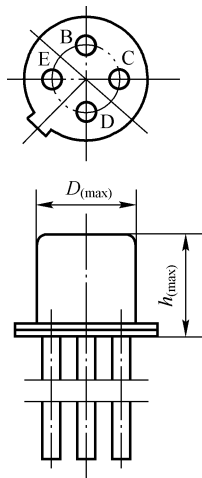
管的封装形式有 TO-92、TO-126、TO-3、TO-220TO 等。

国产晶体管按原部标规定有近 30 种外形和几十种规格，其外形结构和规格分别用字母和数字表示，如 TO-162、TO-92 等。

### 一、金属封装

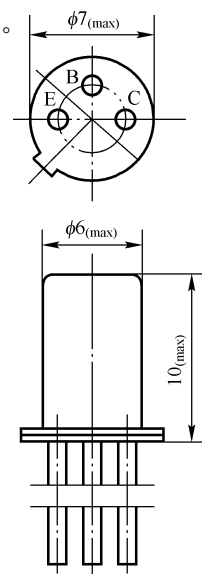
#### 1. B 型

B 型分为 B-1, B-2, …, B-6 共 6 种规格，主要用于 1W 及 1W 以下高频小功率晶体管，其中 B-1、B-3 型最为常用。管底面对自己，由管键起，按顺时针方向依次为 E 极、B 极、C 极、D 极（接地极），封装外形如右图所示。



#### 2. C 型

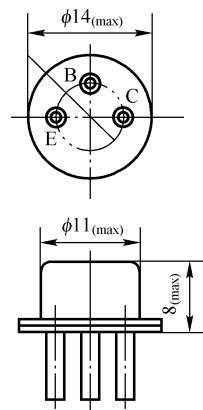
引脚排列与 B 型相同，主要用于小功率晶体管，封装外形如右图所示。



#### 3. D 型

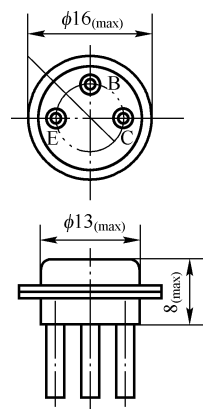
外形结构与 B 型相同。管底面对自己，等腰三角形的底面朝下，按顺时针方向依次为

E 极、B 极、C 极。封装外形如右图所示。



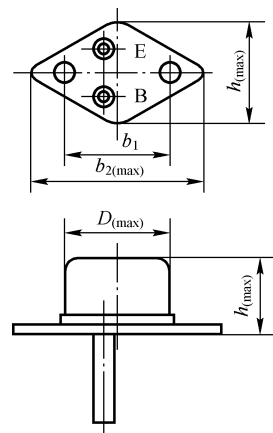
#### 4. E 型

引脚排列与 D 型相同，封装外形如右图所示。



#### 5. F 型

该型分为 F-0、F-1~F-4 共 5 种规格，外形是相同的而尺寸是不相同的，主要用于低频大功率晶体管封装，使用最多的是 F-2 型封装。管底面对自己，小等腰三角形的底面朝下，左为 E 极，右为 B 极，两固定孔为 C 极。封装外形如右图所示。

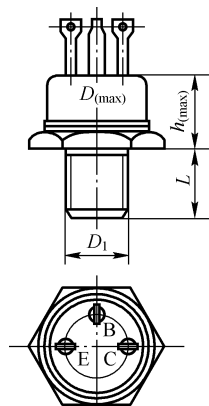


#### 6. G 型

G 型分为 G-1~G-6 共 6 种规格，主要用于低频大功率晶体管封装，使用最多的是 G-3、G-4 型。其中 G-1、G-2 为圆形引出线，G-3~G-6 为扁形引出线。管底面对自己，等



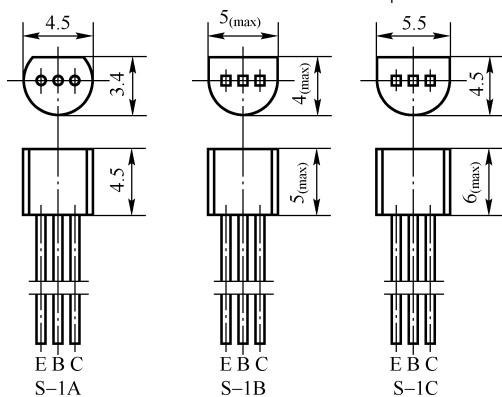
腰三角形的底面朝下，按顺时针方向依次为 E 极、B 极、C 极。封装外形如右图所示。



## 二、塑料封装

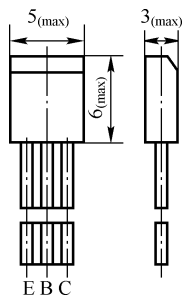
### 1. S-1 型

S-1 型用于封装小功率三极管，应用最为普遍。封装外形如右图所示，平面朝外，半圆形朝内，引脚朝上时从左到右为 E 极、B 极、C 极。



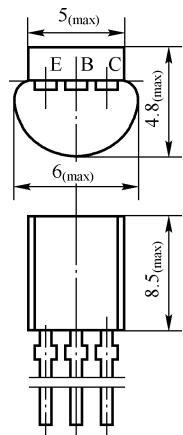
### 2. S-2 型

S-2 型用于封装小功率三极管，封装外形如右图所示。



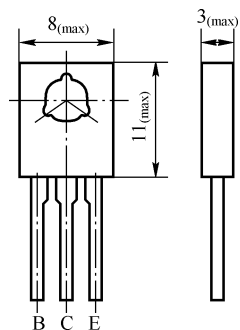
### 3. S-4 型

S-4 型用于封装小功率三极管，封装外形如右图所示。



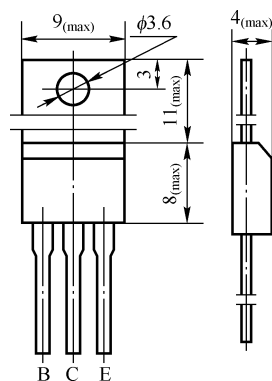
#### 4. S-5 型

S-5 型用于封装大功率三极管。平面朝外，半圆形朝内，引脚朝下时从左到右为 B 极、C 极、E 极。S-5 型的外形封装如右图所示。



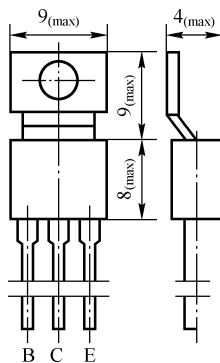
#### 5. S-6A 型

S-6A 型主要用于封装大功率三极管。切角面面对自己，引脚朝下，从左到右依次为 B 极、C 极、E 极。引脚排列与外形如右图所示。



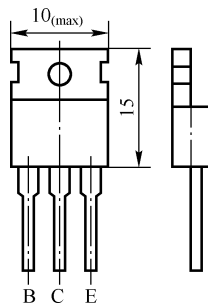
#### 6. S-6B 型

S-6B 型主要用于封装大功率三极管。引脚排列与外形如右图所示。



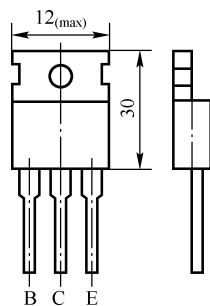
#### 7. S-7 型

S-7 型主要用于封装大功率三极管。切角面面对自己，引脚朝下，从左到右依次为 B 极、C 极、E 极。引脚排列与外形如右图所示。



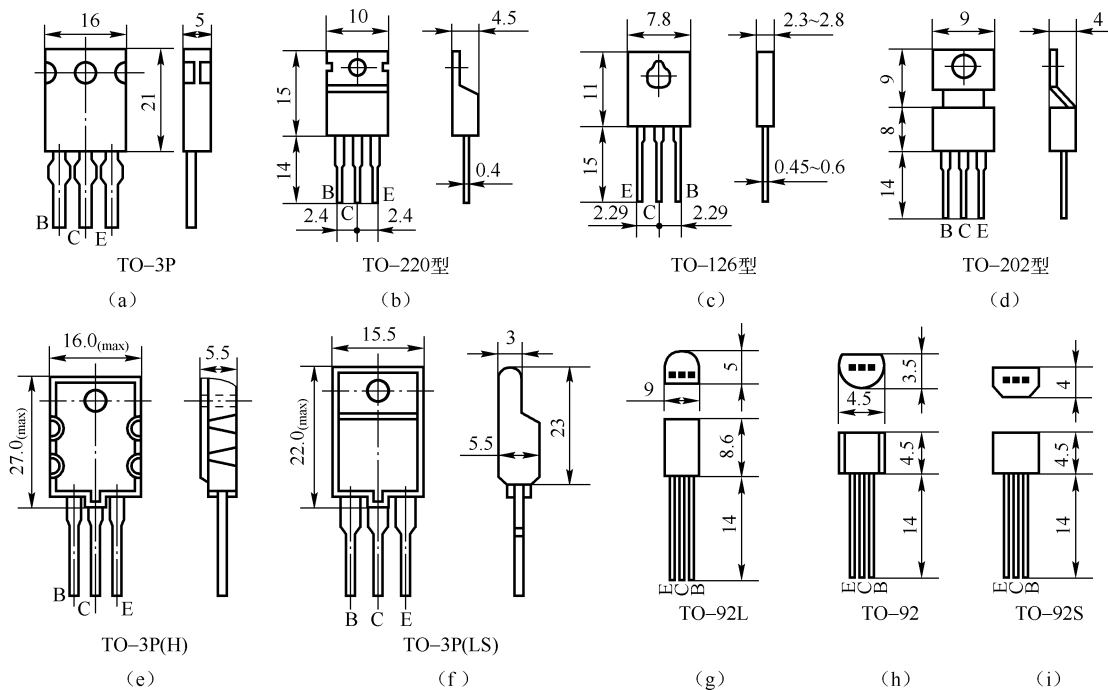
## 8. S-8 型

S-8 型主要用于封装大功率三极管。切角面面对自己，引脚朝下，从左到右依次为 B 极、C 极、E 极。引脚排列与外形如右图所示。

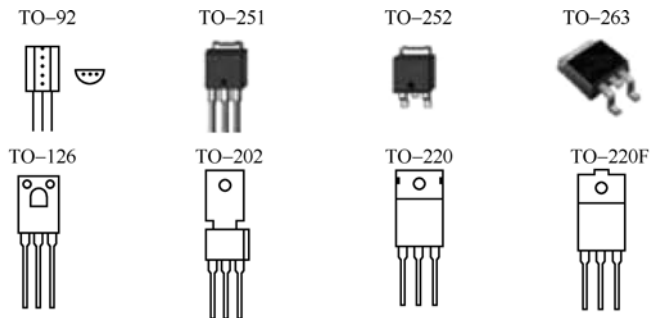


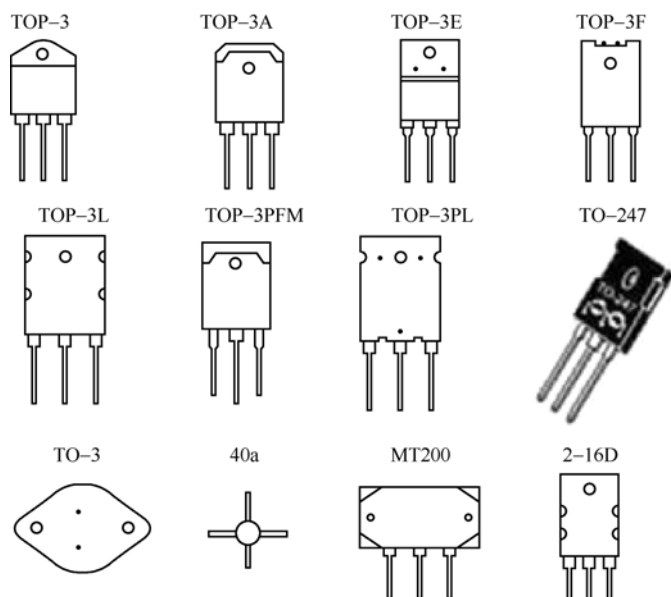
## 9. 常见进口管的外形封装结构

TO-92 与部标 S-1 相似，TO-92L 与部标 S-4 相似，TO-126 与 S-5 相似，TO-202 与部标 S-7 相似，如下图所示。

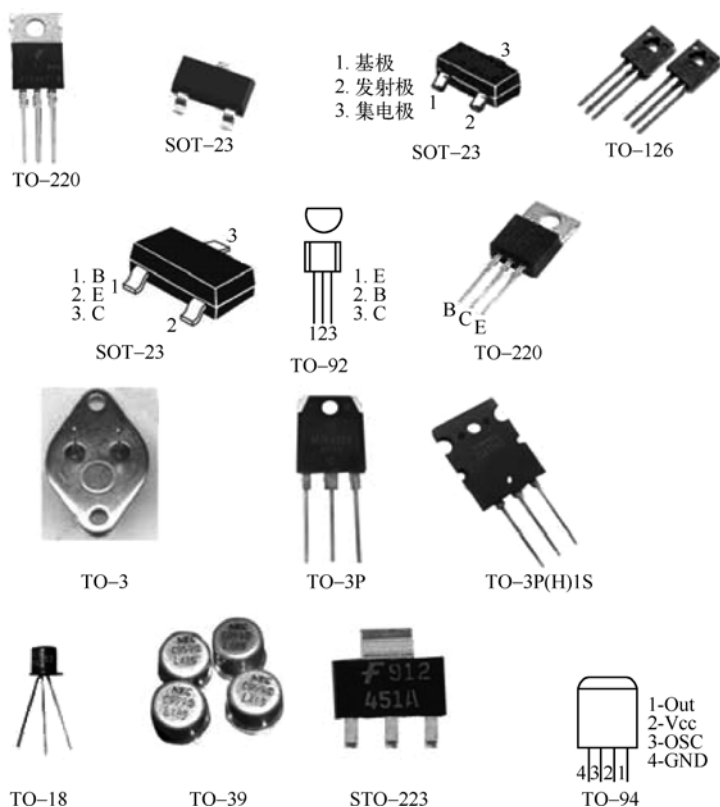


常见三极管的封装对照图如下图所示。



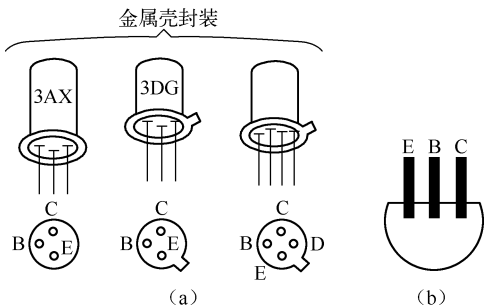


常见的三极管封装实物图如下图所示。



三极管引脚的排列方式具有一定的规律。对于国产小功率金属封装三极管，以底视图位置放置，使三个引脚构成等腰三角形的顶点，从左向右依次为 E 极、B 极、C 极；有管键

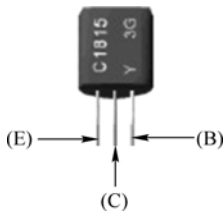
的三极管，从管键处按顺时针方向依次为 E 极、B 极、C 极，其引脚识别图如右图 (a) 所示。对于国产中小功率塑封三极管，使其平面朝向外，半圆形朝内，三个引脚朝上放置，则从左到右依次为 E 极、B 极、C 极，其引脚识别图如右图 (b) 所示。



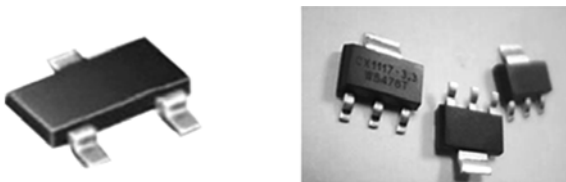
目前，市场上有各种类型的晶体三极管，引脚的排列不尽相同，在使用中不确定引脚排列顺序的三极管时，必须通过测量确定各引脚正确的位置，或查找晶体管使用手册及相应的技术参数和资料，明确三极管的特性。

现今比较流行的 9011~9018 系列三极管为高频小功率管，除 9012 和 9015 为 PNP 型管外，其余均为 NPN 型管。

常用 9011~9018、1815 系列三极管引脚排列如右图所示。平面对着自己，引脚朝下，从左至右依次是 E 极、C 极、B 极。



贴片三极管有三个电极的，也有四个电极的（见下图）。一般三个电极的贴片三极管，只有一脚的为集电极，余下的两脚分别是基极和发射极。在四个电极的贴片三极管中，比较大的一个引脚是三极管的集电极，另有两个引脚相通的是发射极，余下的一个是基极。



## 5.2.4 三极管的主要技术指标

三极管的主要技术指标参见表 5.4。

表 5.4 三极管的主要技术指标

技术 指 标	解 说
电流放大系数 $\beta$	<p>电流放大系数即电流放大倍数，用于表示三极管放大能力。根据三极管工作状态的不同，电流放大系数可分为直流放大系数和交流放大系数。</p> <p>直流放大系数是指在静态无输入变化信号时，三极管集电极电流 <math>I_C</math> 和基极电流 <math>I_B</math> 的比值，故又称为直流放大倍数或静态放大系数，一般用 <math>h_{FE}</math> 或 <math>\beta</math> 表示。</p> <p>交流电流放大系数也称动态电流放大系数或交流放大倍数，是指在交流状态下，三极管集电极电流变化量与基极电流变化量的比值，一般用 <math>\beta</math> 表示。<math>\beta</math> 是反映三极管放大能力的重要指标。</p> <p>尽管上述两个 <math>\beta</math> 的含义不同，但在小信号下，两者取相同值</p>

续表

技术指标	解 说
耗散功率 $P_{CM}$	耗散功率也称集电极最大允许耗散功率 $P_{CM}$ ，是指三极管参数变化不超过规定允许值时的最大集电极耗散功率。耗散功率与三极管的最高允许结温和集电极最大电流有密切关系。使用三极管时，三极管实际功耗不允许超过 $P_{CM}$ ，否则会造成三极管因过载而损坏
频率特性	三极管的电流放大系数与电路工作频率有关，如果三极管频率超过了其所在电路工作频率范围，会造成放大能力降低甚至失去放大作用。 三极管的频率特性参数包括特征频率 $f_T$ 和最高振荡频率 $f_M$ 。 特征频率 $f_T$ ：三极管的工作频率超过截止频率时，其电流放大系数 $\beta$ 将随着频率的升高而下降。特征频率是指 $\beta$ 降为 1 时三极管的工作频率。 最高振荡频率 $f_M$ ：最高振荡频率是指三极管的功率增益为 1 时所对应的频率
集电极最大电流 $I_{CM}$	集电极最大电流是指三极管集电极所允许通过的最大电流。集电极电流 $I_C$ 上升会导致三极管的 $\beta$ 下降，当 $\beta$ 下降到正常值的 2/3 时，集电极电流即为 $I_{CM}$
最大反向电压	最大反向电压是指三极管在工作时所允许加的最高工作电压。最大反向电压包括集电极-发射极反向击穿电压 $U_{CEO}$ 、集电极-基极反向击穿电压 $U_{CBO}$ 以及发射极-基极反向击穿电压 $U_{EB0}$
反向电流	三极管的反向电流包括集电极-基极之间的反向电流 $I_{CBO}$ 和集电极-发射极之间的反向电流 $I_{CEO}$

## 5.3 三极管的检测

目前三极管的种类很多，仅从引脚排列很难判断引脚极性，所以常用万用表判别引脚极性。用万用表检测三极管十分简捷、方便。

万用表判别三极管引脚极性的原理是：三极管由两个 PN 结构成，对于 NPN 型三极管，其基极是两个 PN 结的公共正极；对于 PNP 型三极管，其基极是两个 PN 结的公共负极，由此可以判别三极管的基极和管型。根据当加在三极管的发射结电压为正，集电结电压为负时三极管工作在放大状态，此时三极管的穿透电流较大的特点，可以检测出三极管的发射极和集电极。

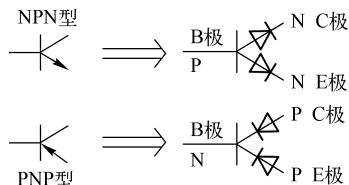
### 5.3.1 指针式万用表检测三极管

#### 1. 指针式万用表检测普通三极管

指针式万用表判断普通三极管的三个电极、极性及好坏时，选择  $R \times 100$  或  $R \times 1k$  挡位，常分两步进行测量判断。

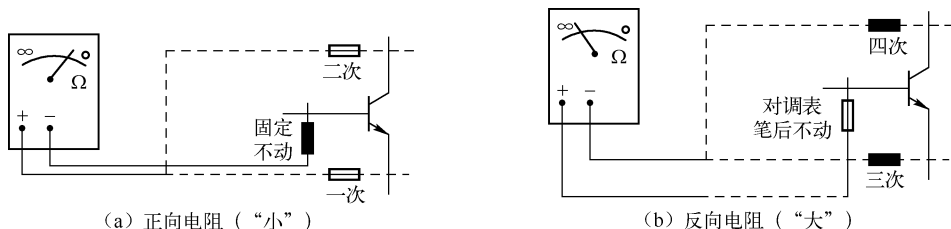
##### 1) 三颠倒，找基极；PN 结，定极型

三极管的内部等效图如右图所示，测量时要时刻想着此图，从而达到熟能生巧。



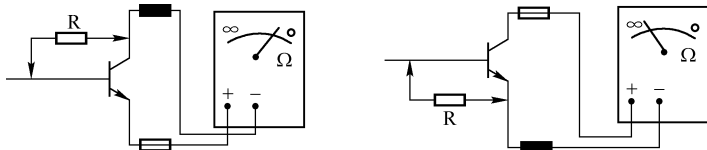
(1) 三颠倒，找基极。任取一个电极，把它定为基极（如这个电极为 2），任意一只表笔接这个电极，另一只表笔去测量剩下的两只电极（如电极 1、3），记下两次数据；然后，对调表笔，再按上述方法测量一次，记下两次测量数据。在这三次颠倒测量中（不一定必须测三次），直到测量结果为两次阻值都很小（正向电阻），两次阻值都很大（反向电阻），那么假定的基极正确。

(2) PN 结, 定管型。找出三极管的基极后, 可以根据基极与另外两个电极之间 PN 结的方向来确定管子的导电类型。在上述测量过程中, 黑表笔接基极, 测量结果阻值都很小, 则该管为 NPN 型; 反之, 红表笔接基极, 测量结果阻值都很小, 则该管为 PNP 型, 如下图所示。



## 2) 顺箭头, 偏转大; 测不准, 动嘴巴

(1) 基极确定之后, 判断出 PNP 型或 NPN 型, 再确定发射极和集电极。顺箭头, 偏转大, 这时可以用测穿透电流  $I_{CEO}$  的方法确定集电极和发射极, 如下图所示。



对于 NPN 型三极管, 用黑、红表笔颠倒测量两极间的正、反向电阻  $R_{CE}$  和  $R_{EC}$ , 虽然两次测量中万用表指针偏转角度都很小, 但仔细观察, 总会有一次偏转角度稍大, 此时电流的流向一定是: 黑表笔  $\rightarrow$  C 极  $\rightarrow$  B 极  $\rightarrow$  E 极  $\rightarrow$  红表笔, 电流流向正好与三极管符号中的箭头方向一致 (“顺箭头”), 所以此时黑表笔所接的一定是集电极, 红表笔所接的一定是发射极。

对于 PNP 型的三极管, 测试原理类似于 NPN 型, 其电流流向一定是黑表笔  $\rightarrow$  E 极  $\rightarrow$  B 极  $\rightarrow$  C 极  $\rightarrow$  红表笔, 其电流流向也与三极管符号中的箭头方向一致, 所以此时黑表笔所接的一定是发射极, 红表笔所接的一定是集电极。

(2) 测不出, 动嘴巴。若在 “顺箭头, 偏转大” 的测量过程中, 由于颠倒前后的两次测量指针偏转度均太小难以区分时, 就要 “动嘴巴” 了。具体方法是: 在 “顺箭头, 偏转大” 的两次测量中, 用两只手指分别捏住两表笔与引脚的结合部, 用嘴巴含住 (或用舌头抵住) 基极 B, 仍用 “顺箭头, 偏转大” 的判别方法即可区分开集电极与发射极。其中人体起到直流偏置电阻的作用, 目的是使效果更加明显。

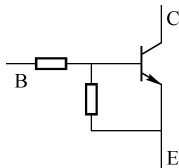
正常三极管极间正、反向电阻值参见表 5.5。

表 5.5 正常三极管极间正、反向电阻值

所测电极	正向电阻	反向电阻	用 $R \times 100\Omega$ 或 $R \times 1k$ 挡 测量
B、E	几百欧~几千欧	几十千欧~几百千欧	
B、C	几百欧~几千欧	几十千欧~几百千欧	
C、E	$\geq$ 几十千欧	$\geq$ 几百千欧	

## 2. 带阻三极管的检测

带阻三极管的检测方法与普通三极管基本类似，但由于其内部接有电阻，故检测出来的阻值大小稍有不同。以右图中的 NPN 型三极管为例，选用指针式万用表，量程置于  $R \times 1k$  挡，若带阻三极管正常，则有以下规律：



(1) B、E 极之间正、反向电阻都比较小（具体测量值与内接电阻有关），但 B、E 极之间的正向电阻（黑笔接 B 极，红笔接 E 极）会略小一点，因为测正向电阻时发射结会导通。

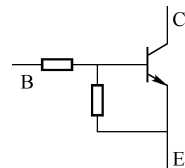
(2) B、C 极之间正向（黑笔接 B 极，红笔接 C 极）电阻小，反向电阻接近无穷大。

(3) E、C 极之间正反向电阻（黑笔接 C 极，红笔接 E 极）都接近无穷大。

检测结果与上述规律不符时，可判断带阻三极管已损坏。

## 3. 带阻尼三极管的检测

带阻尼三极管的检测与普通三极管基本类似，但由于其内部接有阻尼二极管，故检测出来的阻值大小稍有不同。以右图中的 NPN 型三极管为例，选用指针式万用表，量程置于  $R \times 1k$  挡，若带阻尼三极管正常，则有以下规律：



(1) B、E 极之间正、反向电阻都比较小，但其正向电阻（黑笔接 B 极，红笔接 E 极）会略小一点。

(2) B、C 极之间正向电阻（黑笔接 B 极，红笔接 C 极）小，反向电阻接近无穷大。

(3) E、C 极之间正向电阻（黑笔接 C 极，红笔接 E 极）接近无穷大，反向电阻很小（因为阻尼二极管会导通）。

检测结果与上述规律不符时，可判断带阻尼三极管已损坏。

## 4. 达林顿（复合）三极管的检测

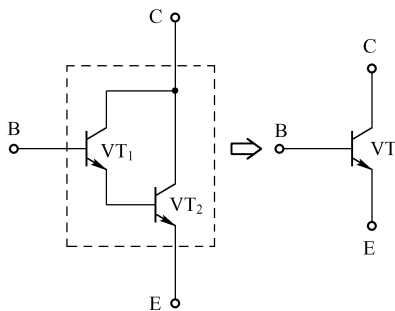
以右图中的 NPN 型达林顿三极管为例，选用指针式万用表，量程置于  $R \times 10k$  挡，若达林顿三极管正常，则有以下规律：

(1) B、E 极之间正向电阻（黑笔接 B 极，红笔接 E 极）小，但其反向电阻无穷大。

(2) B、C 极之间正向电阻（黑笔接 B 极，红笔接 C 极）小，反向电阻接近无穷大。

(3) E、C 极之间正反向电阻都接近无穷大。

若检测结果与上述规律不符，可判断达林顿三极管已损坏。



### 5.3.2 数字式万用表检测三极管

利用数字式万用表不仅可以判别三极管引脚极性、测量三极管的共发射极电流放大系数  $h_{FE}$ ，还可以判别硅管与锗管。由于数字式万用表电阻挡的测试电流很小，所以不适用于



检测三极管，应使用二极管挡或  $h_{FE}$  挡进行测试。

将数字式万用表置于二极管挡，红表笔固定接任意一个引脚，用黑表笔依次接触另外两个引脚，如右图所示。如果两次显示值均小于 1V 或都显示溢出符号“OL”或“1”，则红表笔所接的引脚就是基极 B。



如右图所示，如果在两次测试中，一次显示值小于 1V，另一次显示溢出符号“OL”或“1”（视不同的数字式万用表而定），则表明红表笔接的引脚不是基极 B，应更换其他引脚重新测量，直到找出基极 B 为止。



基极确定后，用红表笔接基极，黑表笔依次接触另外两个引脚，如果显示屏上的数值都显示为 0.600~0.800V，则所测三极管属于硅 NPN 型中、小功率管。其中，显示数值较大的一次，黑表笔所接的引脚为发射极。如果显示屏上的数值都显示为 0.400~0.600V，则所测三极管属于硅 NPN 型大功率管。其中，显示数值大的一次，黑表笔所接的引脚为发射极。

如右图所示，用红表笔接基极，黑表笔先后接触另外两个引脚，若两次都显示溢出符号“OL”或“1”，调换表笔测量，即黑表笔接基极，红表笔接触另外两个引脚，显示数值都大于 0.400V，则表明所测三极管属于硅 PNP 型，此时数值大的检测中红表笔所接的引脚为发射极。

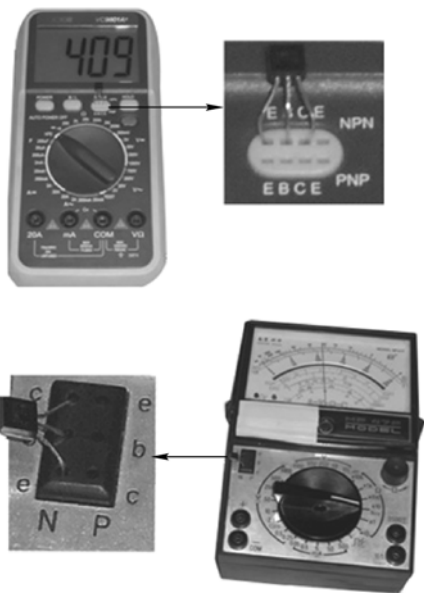


数字式万用表在测量过程中，若显示屏上的显示数值都小于 0.400V，则所测三极管属于锗管。

### 5.3.3 三极管几个参数的检测

#### 1. 放大系数的测量

$h_{FE}$  是三极管的直流电流放大系数。用数字式万用表或指针式万用表都可以方便地测出三极管的  $h_{FE}$ 。将数字式或指针式万用表置于  $h_{FE}$  挡位，若被测三极管是 NPN 型管，则将三极管的各引脚插入万用表 NPN 插孔中（被测三极管是 PNP 型管，则将管子的各引脚插入万用表 PNP 插孔中），此时显示屏就会显示出被测三极管的  $h_{FE}$ ，如右图所示。



#### 2. 区别锗晶体管与硅晶体管

指针式万用表的电阻挡不能直观地读出二极管的端电压，当然也就不能直接读出晶体管的极与极之间的端电压，这就给判断晶体管极间压降是 0.60~0.70V 还是 0.15~0.30V 带来困难，但可以根据经验法进行判断。

若测量晶体管（用  $R \times 1k$  或  $R \times 100$  挡）B-E、B-C 间电阻时，指针落在  $200 \sim 300\Omega$  示数范围内，就可判断所测晶体管为锗管；若指针落在  $800 \sim 1000\Omega$  示数范围内，就可判断所测晶体管为硅管，如右图所示。



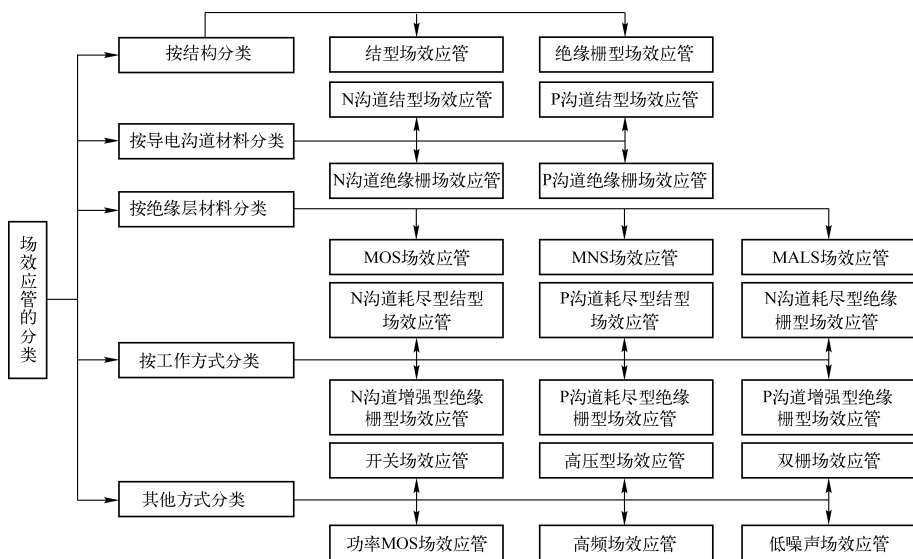
# 场效应管、晶闸管和单结晶体管的识别与检测

场效应管、晶闸管和单结晶体管从外形上看都是三个电极半导体器件，但是它们的内部结构、工作原理和普通三极管有很大差别。场效应管（FET）是一种电压控制型半导体器件，通过改变栅极和源极之间电压来控制其漏极电流，在电路中主要起信号放大、阻抗变换等作用；晶体闸流管简称晶闸管（可控硅），是可控整流半导体器件，主要用于交直流无触点开关、调光、调速、过压保护等电路中；单结晶体管只有一个PN结，但它与二极管的特性却不相同，多用于触发电路、振荡电路及双稳态电路等电路中。

## 6.1 场效应管的识别与检测

场效应管是场效应晶体管的简称，具有输入电阻高、噪声小、功耗低、安全工作区域宽、受温度影响小等优点，特别适用于要求高灵敏度和低噪声的电路。场效应管和三极管都能实现信号的控制和放大，但由于它们的结构和工作原理截然不同，所以二者的差别很大。三极管是一种电流控制元件，而场效应管是一种电压控制器件。

### 6.1.1 场效应管的分类



[illegible]

### 6.1.2 场效应管的型号命名

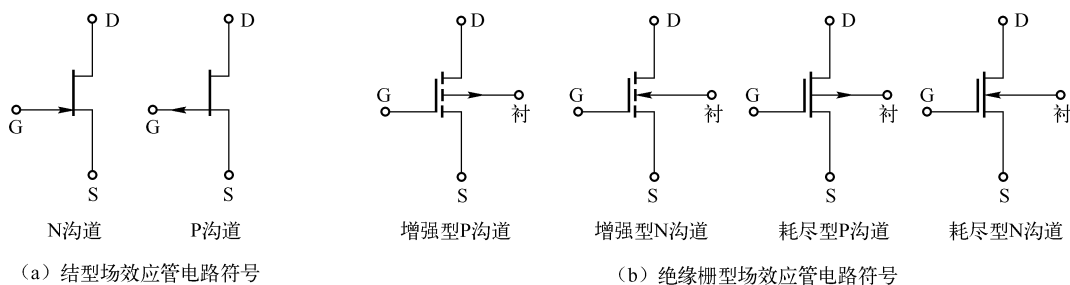
第四部分：用数字表示序号

第三部分：用字母表示种类

第二部分：用字母表示材料

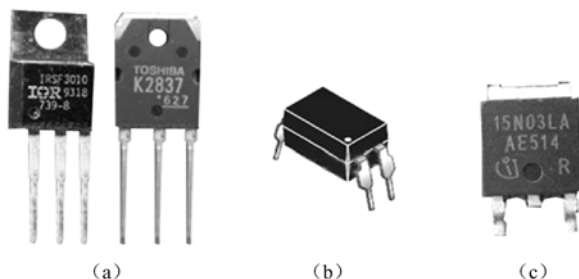
第一部分：用数字3表示主称

场效应管在电路原理图中常用字母“V”、“VT”表示。场效应管的图形符号中的箭头，是用来区分类型的。箭头从外指向芯片表示 N 沟道型场效应管；箭头从芯片指向外表示 P 沟道型场效应管，如下图所示。



### 6.1.3 场效应管的识别

118



场效应管引脚排列位置根据其品种、型号及功能不同而异。大功率场效应管如上图 (a) 所示, 从左至右, 引脚排列基本为 G 极、D 极、S 极 (散热片接 D 极); 采用绝缘底板模块封装的特种场效应管通常有四个引脚, 如上图 (b) 所示, 上面的两个通常为两个 S 极 (相连), 下面的两个分别为 G 极、D 极; 采用贴片封装的场效应管如上图 (c) 所示, 散热片是 D 极, 下面的三个引脚分别是 G 极、D 极、S 极。

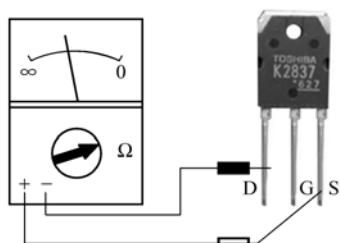
### 6.1.4 场效应管的检测

#### 1. 指针式万用表检测场效应管

结型场效应管的源极和漏极一般可互换使用, 因此一般只要判别出其栅极 G 即可。判别时, 将万用表置于  $R \times 1k$  挡, 任选两电极, 分别测出它们之间的正、反向电阻。若正、反向电阻值相等 (约几千欧), 则该两极为漏极 D 和源极 S, 余下的一个电极则为栅极 G。

也可以根据 PN 结单向导电原理, 将万用表置于  $R \times 1k$  挡, 将黑表笔接触场效应管的一个电极, 红表笔分别接触场效应管的另外两个电极, 若测得阻值都很小, 则黑表笔所接的是栅极, 且场效应管为 N 沟道场效应管。对于 P 沟道场效应管, 红表笔接触场效应管的一个电极, 黑表笔分别接触场效应管的另外两个电极, 测得阻值都很小时红表笔所接的是栅极。

检测时, 若测得栅极 G 与漏极 D、栅极 G 与源极 S 之间均能测得一个固定阻值, 则说明场效应管良好, 如果它们之间的阻值趋于零或无穷大, 则表明场效应管已损坏。



若正、反向电阻值相等, 则该两极为漏极 D 和源极 S

#### 2. 数字式万用表检测场效应管

利用数字式万用表不仅能判别场效应管的电极, 还可以测量场效应管的放大系数。如右图所示, 将数字式万用表调至  $h_{FE}$  挡, 场效应管的 G 极、D 极、S 极分别插入  $h_{FE}$  测量插座的 B、C、E 孔中 (N 沟道管插入 NPN 插座中, P 沟道管插入 PNP 插座中), 此时, 显示屏上会显示一个数值, 这个数值就是场效应管的放大系数; 若电极插错或极性插错, 则显示屏将显示为 “000” 或 “1”。





### 6.1.5 场效应管使用注意事项

为了安全有效地使用场效应管，使用时应注意以下事项：

(1) 使用场效应管之前，必须首先搞清楚场效应管的类型及其电极，必要时应通过仪表进行测试。结型场效应管的 S、D 极可互换，MOS 场效应管的 S、D 极一般也可互换，但有些产品 S 极与衬底连在一起，这时 S 极与 D 极不能互换。

(2) 在线路设计中，应根据电路的需要选择场效应管的类型及参数，使用时不允许超过场效应管的耗散功率、最大漏源电流和电压的极限值。

(3) 各类型场效应管在使用时，都要严格按照要求的偏置接入电路，要注意场效应管偏置的极性。

(4) 在安装场效应管时，注意安装的位置要尽量避免靠近发热元件；为了防止管子振动，安装时要将管子紧固；引脚引线在弯曲时，应当在距离管子根部 5mm 以上处进行，以防止弯断引脚而引起漏气。

(5) 绝缘栅型场效应管（MOS 管），因为栅极处于绝缘状态，感应电荷不容易泄放掉，而且绝缘层很薄，极易击穿，所以在使用这种类型的场效应管时应注意以下几个问题：

① 运输和储藏中必须将引出脚短路或采用金属屏蔽包装，以防外来感应电势将栅极击穿。手拿场效应管时，要拿它的外壳，不要拿它的引脚，因为人体带有少量的电荷，拿场效应管的引脚，少量的电荷跑到栅极上，会使栅、漏结感应充电，易击穿场效应管。

② 焊接用的电烙铁外壳要接地，或者利用烙铁断电后的余热焊接。焊接绝缘栅型场效应管的顺序是漏极→源极→栅极。拆机时顺序相反。为防止场效应管击穿，在接入电路时，将管子各引线短接，焊接完再将短接线剪掉。

③ 在焊接前应把电路板的电源线与地线短接，在 MOS 器件焊接完成后再分开。

④ 电路板在装机之前，要用接地的线夹子去碰一下机器的各接线端子，再把电路板接上去。

⑤ 测试仪器、工作台要良好地接地，要采取防静电措施。

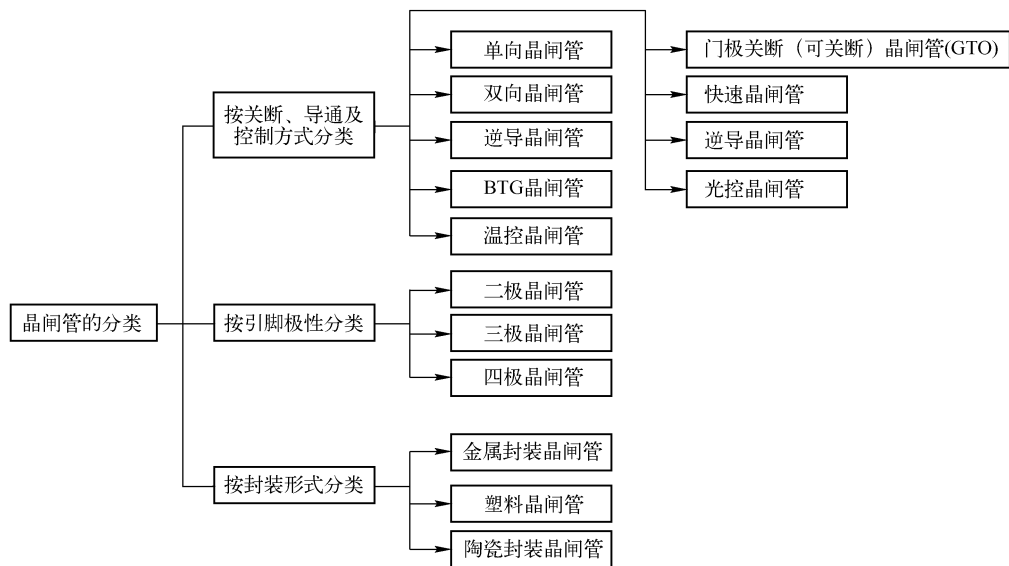
⑥ MOS 场效应管的栅极在允许的条件下，最好接入保护晶体二极管，防止场效应管栅极被击穿。

## 6.2 晶闸管的识别与检测

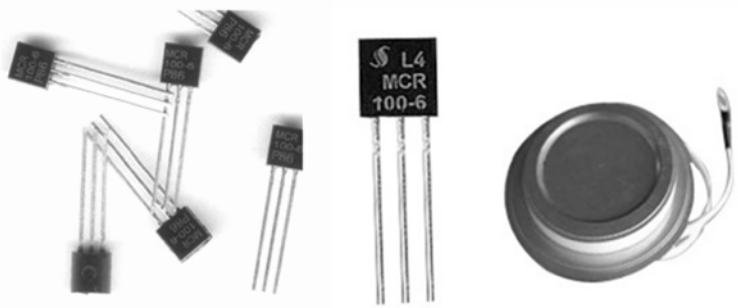
晶闸管又称可控硅，是一种大功率半导体器件，具有体积小、质量轻、容量大、效率高、控制灵敏等优点。晶闸管具有硅整流器件的特性，能在高电压、大电流条件下工作，工作过程可以控制，被广泛应用在可控整流、交流调压、无触点电子开关、逆变及变频等电子电路中。

### 6.2.1 晶闸管的分类

晶闸管的分类如下图所示。



常见晶闸管的外形如下图所示。



### 一、单向晶闸管

单向晶闸管是一种由 PNP 四层半导体材料构成的三端半导体器件，三个引出电极分别是阳极 A、阴极 K 和控制极 G（又称门极或触发极），如右图所示。单向晶闸管的阳极与阴极之间具有单向导电的性能。

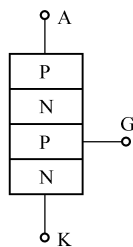
单向晶闸管导通必须具备以下两个条件：

- (1) 阳极 A 和阴极 K 之间加上正向电压；
- (2) 控制极 G 和阴极 K 之间必须加上一定大小的正向触发电压。

晶闸管有导通和阻断两种状态。导通后，要使晶闸管阻断有两种方法：一是将阳极电流减小至维持电流以下；二是在阳极 A 与阴极 K 之间加反向电压。

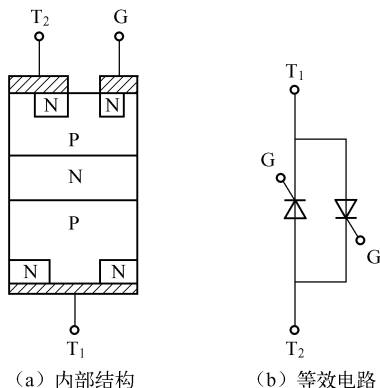
单向晶闸管一旦受触发导通，控制极 G 即失去了控制作用，即使控制极 G 电压变为零，只要阳极 A 和阴极 K 之间仍保持正向电压，晶闸管将继续保持导通状态。要使晶闸管阻断，必须使阳极电流降到足够小，或在阳极和阴极之间加反向阻断电压。

单向晶闸管一旦进入阻断状态，即使阳极 A 和阴极 K 之间又重新加上正向电压，也不会再次导通，只有在控制极 G 与阴极 K 之间重新加上正向触发电压后才可导通。



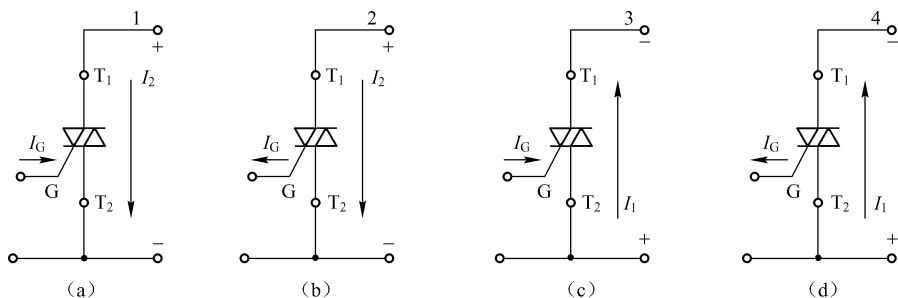
## 二、双向晶闸管

双向晶闸管是在单向晶闸管的基础上研制出来的，由 NPNPN 五层半导体材料构成的三端半导体器件，三个电极分别是主电极  $T_1$ 、主电极  $T_2$  和控制极  $G$ 。双向晶闸管的阳极与阴极之间具有双向导电性，其内部电路可以等效为由两只单向晶闸管反向并联组成的复合管。双向晶闸管的内部结构及其等效电路如右图所示。



双向晶闸管可以双向导通，通常情况下，双向晶闸管的触发方式有以下四种：

- (1) 控制极  $G$  和主电极  $T_1$  相对于主电极  $T_2$  的电压为正，如下图 (a) 所示，即  $U_G > U_{T2}$ 、 $U_{T1} > U_{T2}$ 。双向晶闸管的导通方向为  $T_1 \rightarrow T_2$ ，此时  $T_1$  为阳极， $T_2$  为阴极。
- (2) 控制极  $G$  和主电极  $T_2$  相对于主电极  $T_1$  的电压为负，如下图 (b) 所示，即  $U_G < U_{T1}$ 、 $U_{T2} < U_{T1}$ 。双向晶闸管的导通方向为  $T_1 \rightarrow T_2$ ，此时  $T_1$  为阳极， $T_2$  为阴极。
- (3) 控制极  $G$  和主电极  $T_1$  相对于主电极  $T_2$  的电压为负，如下图 (c) 所示，即  $U_G < U_{T2}$ 、 $U_{T1} < U_{T2}$ 。双向晶闸管的导通方向为  $T_2 \rightarrow T_1$ ，此时  $T_2$  为阳极， $T_1$  为阴极。
- (4) 控制极  $G$  和主电极  $T_2$  相对于主电极  $T_1$  的电压为正，如下图 (d) 所示，即  $U_G > U_{T1}$ 、 $U_{T2} > U_{T1}$ 。双向晶闸管的导通方向为  $T_2 \rightarrow T_1$ ，此时  $T_2$  为阳极， $T_1$  为阴极。



双向晶闸管一旦导通，即使失去触发电压，也能继续维持导通状态。当主电极  $T_1$ 、 $T_2$  之间电流减小至维持电流以下或  $T_1$ 、 $T_2$  之间电压改变极性，且无触发电压时，双向晶闸管即可自动截止，只有重新施加触发电压，才能再次导通。

双向晶闸管与单向晶闸管相比较，两者的主要区别如下：

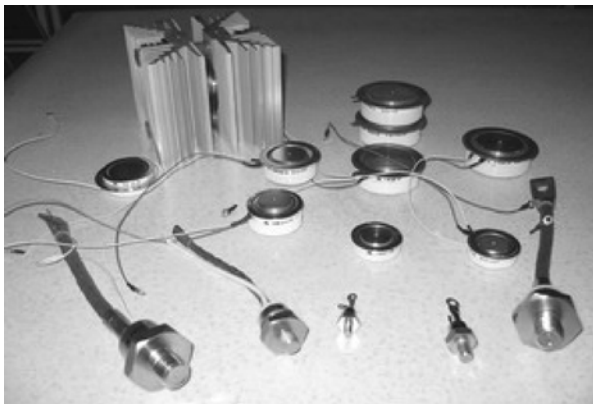
- (1) 单向晶闸管触发后单向导通，双向晶闸管则是双向导通；
- (2) 单向晶闸管触发电压分极性，双向晶闸管触发电压不分极性，只要绝对值达到触发电门限值即可使双向晶闸管导通。

## 三、可关断晶闸管

单、双向晶闸管一旦导通，控制极就失去了控制作用。在晶闸管的工作电流小于维持



电流后，晶闸管才能截止。可关断晶闸管的工作状态与它们不同，控制极既对导通电流有控制作用，也能触发管子由截止变为导通，还能控制管子由导通变为截止，突出地表现了可关断的特点，因此称为可关断晶闸管（见右图）。主要用于逆变器、直流断续器等需要强迫关断的场合，可以简化主电路。



## 6.2.2 晶闸管的型号命名

国产晶闸管的型号命名（JB1144—75 部颁发标准）主要由四部分组成，各部分的组成如下图所示，各部分的含义参见表 6.1。

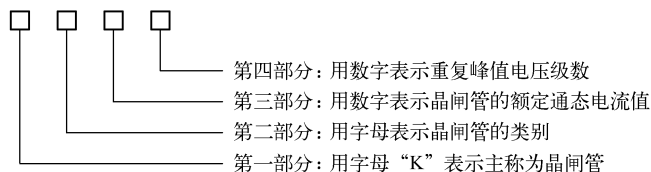


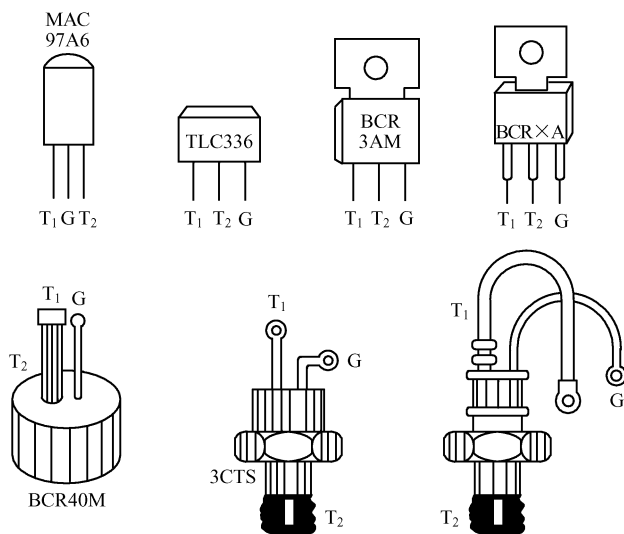
表 6.1 晶闸管的型号命名各部分的含义

第一部分：主称		第二部分：类别		第三部分： 额定通态电流		第四部分： 重复峰值电压级数	
字母	含义	字母	含义	数字	含义	数字	含义
K	晶闸管 (可控硅)	P	普通反向阻 断型	1 1A		1	100V
				5 5A		2	200V
				10 10A		3	300V
				20 20A		4	400V
		K	快速反向阻 断型	30 30A		5	500V
				50 50A		6	600V
				100 100A		7	700V
				200 200A		8	800V
		S	双向型	300 300A		9	900V
				400 400A		10	1000V
				500 500A		12 1200V	
						14 1400V	

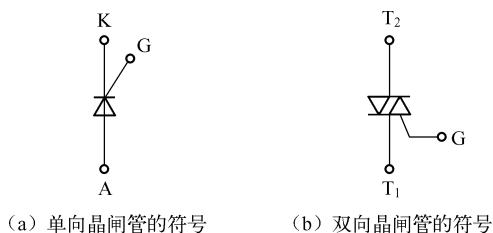
例如，KP1—2 表示 1A/200V 普通反向阻断型晶闸管；KS5—4 表示 5A/400V 双向晶闸管。

### 6.2.3 晶闸管的识别

不同公司生产的单向晶闸管的引脚排列通常不一致，如下图所示。面对双向晶闸管有字符的一面，电极引脚向下，引脚排列顺序一般从左至右依次是  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $G$ 。



晶闸管在电路原理图中的符号如右图所示，常用字母“SCR”表示，如 SCR2 表示编号为 2 的晶闸管。

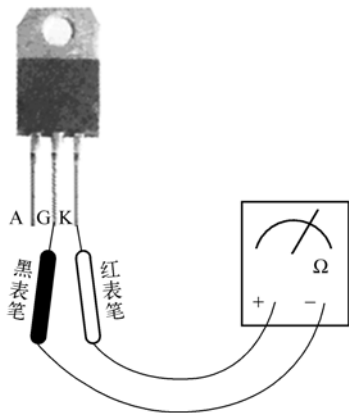


### 6.2.4 晶闸管的检测

#### 1. 指针式万用表检测晶闸管

##### 1) 单向晶闸管极性的判断

单向晶闸管的三个引脚可用指针式万用表  $R \times 1k$  或  $R \times 100\Omega$  挡来判别。根据单向晶闸管的内部结构可知： $G$ 、 $K$  之间相当于一个二极管， $G$  为二极管正极， $K$  为负极，所以分别测量各引脚之间的正反电阻。如果测得其中两引脚的电阻较大（如  $90k\Omega$ ），对调两表笔，再测这两个引脚之间的电阻，阻值又较小（如  $2.5k\Omega$ ），这时万用表黑表笔接的是  $G$  极，红表笔接的是  $K$  极，剩下的一个是  $A$  极。



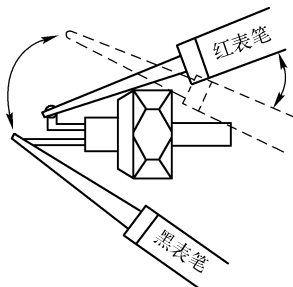
测量时,将万用表置于  $R \times 100\Omega$  挡,将单向晶闸管其中一个引脚假定为控制极 G,与黑表笔相接,用红表笔分别接触另外两个引脚。若有一次出现正向导通,则假定的控制极正确,红表笔所接的引脚是阴极 K,另一极则是阳极 A。如果两次均不导通,则说明假定的不是控制极,可重新设定一脚为控制极再进行测试。

在正常情况下,单向晶闸管的控制极 G 与阴极 K 之间是一个 PN 结,具有 PN 结特性,而控制极 G 与阳极 A 之间、阳极 A 与阴极 K 之间存在反向串联的 PN 结,故其间电阻值均为无穷大。如果控制极 G 与阴极 K 之间的正反向电阻都等于零,或控制极 G 与阳极 A 之间,以及阳极 A 与阴极 K 之间正反向电阻都很小,说明单向晶闸管内部击穿短路。如果控制极 G 与阴极 K 之间正反向电阻都为无穷大,说明单向晶闸管内部断路。

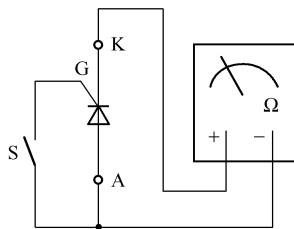
将万用表置于  $R \times 1\Omega$  挡,红表笔接阴极 K,黑表笔接阳极 A,在黑表笔接阳极 A 的瞬间碰触控制极 G (给 G 加上触发信号),万用表指针向右偏转,说明单向晶闸管已经导通。此时即使断开黑表笔与控制极 G 的接触,单向晶闸管仍将继续保持导通。

## 2) 单向晶闸管触发能力的判断

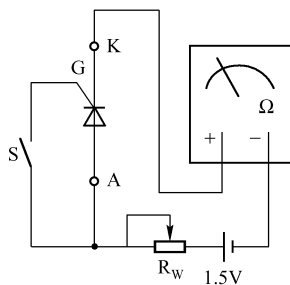
单向晶闸管的检测如下图所示。



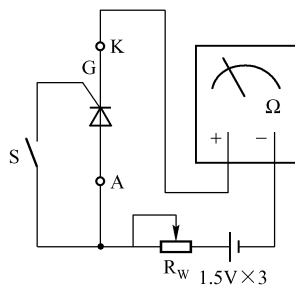
(a) 测量图



(b) 检测原理图



(c) 电阻挡增加电路



(d) 电流挡增加电路

(1) 对于  $1 \sim 10\text{A}$  的晶闸管,将万用表置于  $R \times 1$  挡,红表笔接 A 极,黑表笔接 K 极,指针不动;然后使红表笔只与阳极 A、控制极 G 接触。此时可从万用表的指针上看到晶闸管阳极 A 与阴极 K 之间的电阻值明显变小,指针停在几欧到十几欧处,晶闸管因触发处于导通状态。给 G 极一个触发电压后离开,仍保持红表笔接 A 极,黑表笔接 K 极,若晶闸管处于导通状态不变,则表明晶闸管是好的;否则,晶闸管可能已损坏。

(2) 对于  $10 \sim 100\text{A}$  的晶闸管,其处于大电流的控制极触发电压、维持电流都应增大,万用表的  $R \times 1$  挡提供的电流低于维持电流,使得导通情况不良,此时可按图 (c) 所示增大可变电阻  $R_w$  (阻值选取  $200 \sim 390\Omega$ ),并与  $1.5\text{V}$  电池串联。测量方法同上 (1)。

(3) 对于 100A 以上的晶闸管, 其处于更大电流的控制极触发电压、维持电流也更大。此时可采用图 (d) 所示的电路进行测试, 将万用表置于直流电流 500mA 挡。测量方法同上 (1)。

### 3) 双向晶闸管的检测

指针式万用表检测双向晶闸管的方法如下。

(1) 首先确定主电极  $T_2$ 。控制极 G 与主电极  $T_1$  之间的距离较近, 其正、反向电阻都较小。用万用表  $R \times 1\Omega$  挡测量 G、 $T_1$  两引脚之间的电阻时, 表针偏转幅度较大, 而 G 与  $T_2$ 、 $T_1$  与  $T_2$  之间的正反向电阻均为无穷大。这表明, 如果测出某引脚和其他两引脚都不导通, 就能确定该引脚为  $T_2$  极。有散热板的双向晶闸管  $T_2$  极往往与散热板相连通。

(2) 确定  $T_2$  极之后, 假设剩下两引脚中某一引脚为  $T_1$  极, 另一引脚假设为 G 极, 将黑表笔接假设  $T_1$  极, 红表笔接  $T_2$  极, 并在黑表笔不断开与  $T_1$  极连接的情况下, 把  $T_2$  极与假设 G 极瞬时短接一下 (给 G 极加上负触发信号), 万用表指针向右偏转, 说明晶闸管已经导通, 导通方向为  $T_1 \rightarrow T_2$ , 上述假设的两极正确。如果万用表没有指示, 电阻值仍为无穷大, 说明晶闸管没有导通, 假设错误, 可改变两极假设, 连接表笔再测。

(3) 将红表笔接  $T_1$  极, 黑表笔接  $T_2$  极, 然后使  $T_2$  极与 G 极瞬时短接一下 (给 G 极加上正触发信号), 电阻值仍较小, 证明管子再次导通, 导通方向为  $T_2 \rightarrow T_1$ 。

如果按任何假设去测量, 都不能使双向晶闸管触发导通, 证明管子已损坏。

## 2. 数字式万用表检测晶闸管

如下图所示, 将数字万用表置于二极管挡, 红表笔固定任接某个引脚, 用黑表笔依次接触另外两个引脚, 如果在两次测试中, 一次显示值小于 1V; 另一次显示溢出符号 “OL” 或 “1” (视不同的数字万用表而定), 则表明红表笔接的引脚不是阴极 K (单向晶闸管) 就是主电极  $T_2$  (双向晶闸管)。



若红表笔固定接任意一个引脚, 黑表笔接第二个引脚时显示的数值为  $0.6 \sim 0.8V$ , 黑表笔接第三个引脚显示溢出符号 “OL” 或 “1”, 且红表笔所接的引脚与黑表笔所接的第二个引脚对调时, 显示的数值由  $0.6 \sim 0.8V$  变为溢出符号 “OL” 或 “1”, 就可判定该晶闸管为单向晶闸管, 此时红表笔所接的引脚是控制极 G, 第二个引脚是阴极 K, 第三个引脚为阳极 A。

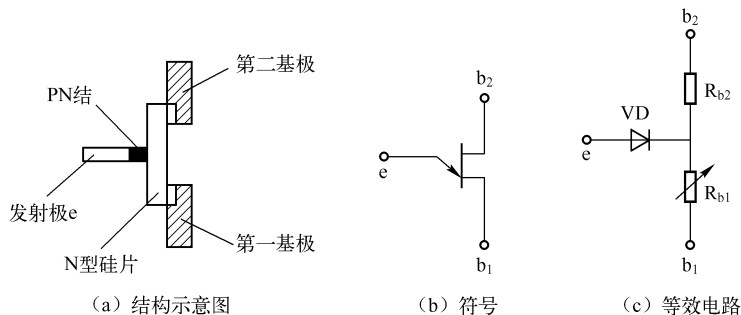
若红表笔固定接一个引脚, 黑表笔接第二个引脚时显示的数值为  $0.2 \sim 0.6V$ , 黑表笔接第三个引脚显示溢出符号 “OL” 或 “1”, 且红表笔所接的引脚与黑表笔所接的第二个引脚

对调, 显示的数值固定为  $0.2 \sim 0.6\text{V}$ , 就可判定该管为双向晶闸管, 此时红表笔所接的引脚是主电极  $T_1$ , 第二个引脚为控制极  $G$ , 第三个引脚是主电极  $T_2$ 。

## 6.3 单晶体管的识别与检测

### 6.3.1 单晶体管的结构、外形及特点

单晶体管 (UJT) 又称双基极二极管, 是一种只有一个 PN 结和两个电阻接触电极的三端半导体器件, 如下图所示。它的基片为条状的高阻 N 型硅片, 两端分别用电阻接触引出两个基极  $b_1$  和  $b_2$ 。在硅片中间略偏  $b_2$  一侧用合金法制作一个 P 区作为发射极  $e$ 。单晶体管特性主要表现为具有正的温度系数和阻值负向变化。

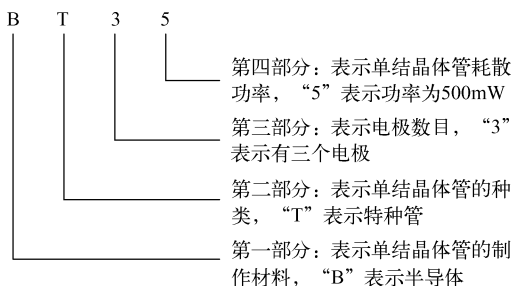


常见单晶体管的外形如右图所示。



### 6.3.2 单晶体管的型号命名

单晶体管型号命名由四部分组成, 如下图所示。第一部分表示制作材料, 用字母“B”表示半导体, 用“半”字第一个汉语拼音字母; 第二部分表示种类, 用字母“T”表示特种管, 用“特”字第一个汉语拼音字母; 第三部分表示电极数目, 用数字“3”表示有三个电极; 第四部分表示单晶体管的耗散功率, 通常只标出第一位有效数字, 耗散功率的单位为毫瓦。国产单晶体管常见的型号有 BT31、BT32、BT33、BT35 等。



6.3.3 单晶体管的主要参数

单晶体管的主要参数参见表 6.2。

表 6.2 单晶体管的主要参数

主 要 参 数	解 说
基极间电阻 $R_{b1b2}$	发射极开路时，基极 $b_1$ 、 $b_2$ 之间的电阻，一般为 $2\sim 10k\Omega$ ，其数值随温度上升而增大。通常 $R_{b1b2}$ 具有纯电阻特性，阻值大小与温度有关
分压比 $\eta$	分压比是指 $R_{b1}$ 上产生电压 $U_{b1}$ 与两基极电压 $U_{b1b2}$ 的比值，公式为： $\eta=U_{b1}/U_{b1b2}=R_{b1}/R_{b1b2}$ ，它由管子内部结构决定的常数，一般为 $0.3\sim 0.9$
e、 $b_1$ 间反向电压 $V_{cb1}$	$b_2$ 开路，在额定反向电压 $V_{cb2}$ 下，基极 $b_1$ 与发射极 e 之间的反向耐压
反向电流 $I_{eo}$	$b_1$ 开路，在额定反向电压 $V_{cb2}$ 下，e、 $b_2$ 间的反向电流。如果实际测得管子的反向电流太大，则表明 PN 结的单向特性差，单晶体管有漏电现象
发射极饱和压降 $V_{eo}$	在最大发射极额定电流时，e、 $b_1$ 间的压降
峰点电流 $I_p$	单晶体管刚开始导通时，发射极电压为峰点电压时的发射极电流

6.3.4 单晶体管的检测

判断单晶体管发射极 e 的方法是：将万用表置于  $R\times 1k$  挡或  $R\times 100\Omega$  挡，假设单晶体管的任意引脚为发射极 e，黑表笔接假设发射极，红表笔分别接触另外两引脚测其阻值。当出现两次低电阻时，黑表笔所接的就是单晶体管的发射极。

单晶体管  $b_1$  和  $b_2$  的判断方法是：将万用表置于  $R\times 1k$  挡或  $R\times 100\Omega$  挡，黑表笔接发射极，红表笔分别接另外两引脚测阻值，两次测量中，电阻大的一次，红表笔接的就是  $b_1$  极。

应当说明的是，上述判别  $b_1$  极、 $b_2$  极的方法，不一定对所有的单晶体管都适用，有个别单晶体管的 e 极与  $b_1$  极间的正向电阻值较小。即使  $b_1$  极、 $b_2$  极用颠倒了，也不会使单晶体管损坏，只影响输出脉冲的幅度（单晶体管多在脉冲发生器中使用），当发现输出的脉冲幅度偏小时，只要将原来假定的  $b_1$  极、 $b_2$  极对调过来就可以了。

## 7.1 集成电路的分类

```

graph LR
    Root[集成电路的分类] --> F1[按功能、结构分类]
    Root --> F2[按制作工艺分类]
    Root --> F3[按集成度高低分类]
    Root --> F4[按导电类型分类]
    Root --> F5[按用途分类]

    F1 --> F1_1[数字集成电路]
    F1 --> F1_2[模拟集成电路]

    F2 --> F2_1[半导体集成电路]
    F2 --> F2_2[膜集成电路]

    F2_1 <--> F2_2
    F2_1 --> F2_1_1[厚膜集成电路]
    F2_1 --> F2_1_2[小规模集成电路]
    F2_1 --> F2_1_3[大规模集成电路]
    F2_2 --> F2_2_1[薄膜集成电路]
    F2_2 --> F2_2_2[中规模集成电路]
    F2_2 --> F2_2_3[超大集成电路]

    F3 --> F3_1[大规模集成电路]
    F3 --> F3_2[超大集成电路]

    F4 --> F4_1[单极性集成电路]
    F4 --> F4_2[双极性集成电路]

    F5 --> F5_1[电视机用]
    F5 --> F5_2[计算机用]
    F5 --> F5_3[照相机用]
    F5 --> F5_4[单片机用]
    F5_1 --> F5_1_1[音响用]
    F5_1 --> F5_1_2[VCD用]
    F5_1 --> F5_1_3[录像机用]
    F5_2 --> F5_2_1[PLC用]
    F5_2 --> F5_2_2[通信器材用]
    F5_3 --> F5_3_1[遥控器用]
    F5_3 --> F5_3_2[报警电路用]
    F5_4 --> F5_4_1[玩具用]
    F5_4 --> F5_4_2[定时、计数用]
    F5_4_1 --> F5_4_1_1[游戏机用]
  
```

集成电路有多种分类方法，常见的几种分类方法如下。

### 1. 按制作工艺分类

集成电路按制作工艺分类主要有膜集成电路和混合集成电路两大类。其中，膜集成电路又分为厚膜集成电路（厚度为  $1\sim 10\mu\text{m}$ ）和薄膜集成电路（厚度小于  $1\mu\text{m}$ ）。膜集成电路和混合集成电路一般用于专用集成电路，通常称为模块，简称集成电路（IC）。

### 2. 按集成度分类

集成度是指一个硅片上含有元器件的数目，按集成度分主要有小规模、中规模、大规模及超大规模集成电路等。集成类型及集成度参见表 7.1。

表 7.1 集成类型及集成度

分 类	名 称	数字 MOS	数字双极型	模 拟 型
小规模集成电路	SSIC	$<100$	$<100$	$<30$
中规模集成电路	MSIC	$100\sim 1000$	$\sim 500$	$\sim 100$
大规模集成电路	LSIC	$>1000\sim 10000$	$>500\sim 2000$	$>100\sim 300$
超大规模集成电路	VLSIC	$>10000$	$>2000$	$>300$

### 3. 按应用领域分类

按应用领域不同，集成电路可以分为军用品、工业品和民用品（商用）3 大类。

### 4. 按器件类型分类

按器件类型不同，集成电路主要分为双极型集成电路、单极型（MOS）集成电路或 BiMOS 型集成电路 3 大类。其中，MOS 集成电路又分为 P 沟道、N 沟道、互补对称型绝缘栅场效应管集成电路；BiMOS 集成电路又分为双极与 PMOS 相结合、双极与 NMOS 相结合、双极与 CMOS 相结合的集成电路。

## 7.2 集成稳压器

### 7.2.1 集成稳压器的分类

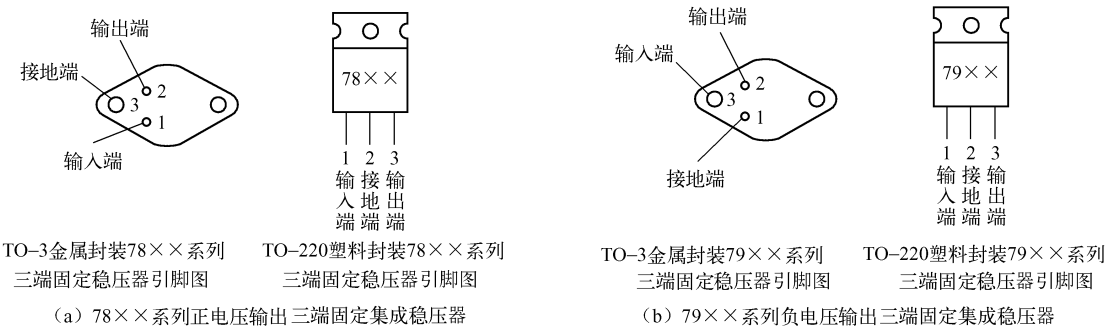
集成稳压器（见右图）按出线端子数量和使用情况大致可分为三端固定式、三端可调式、多端可调式及单片开关式等几种。





一、三端固定集成稳压器

三端固定集成稳压器是一种串联调整式稳压器。它将全部电路集成在单块硅片上，整个集成稳压器只有输入、输出和接地 3 个引出端，使用非常方便。典型产品有 78××正电压输出系列和 79××负电压输出系列。下图（a）为 78××系列的正电压输出三端固定集成稳压器，下图（b）为 79××系列的负电压输出三端固定集成稳压器。



78××/79×× 系列中的型号××表示集成稳压器的输出电压的数值，以伏（V）为单位。两种系列稳压器输出的固定电压有 5V、6V、7V、8V、9V、10V、12V、15V、18V、24V 等。型号中间的字母通常表示输出电流大小，以 78（或 79）后面加字母来区分，L 表示 0.1A，M 表示 0.5A，无字母表示 1.5A。如 78L05 表示+5V/0.1A。后缀英文字母表示输出电压容差与封装形式等。

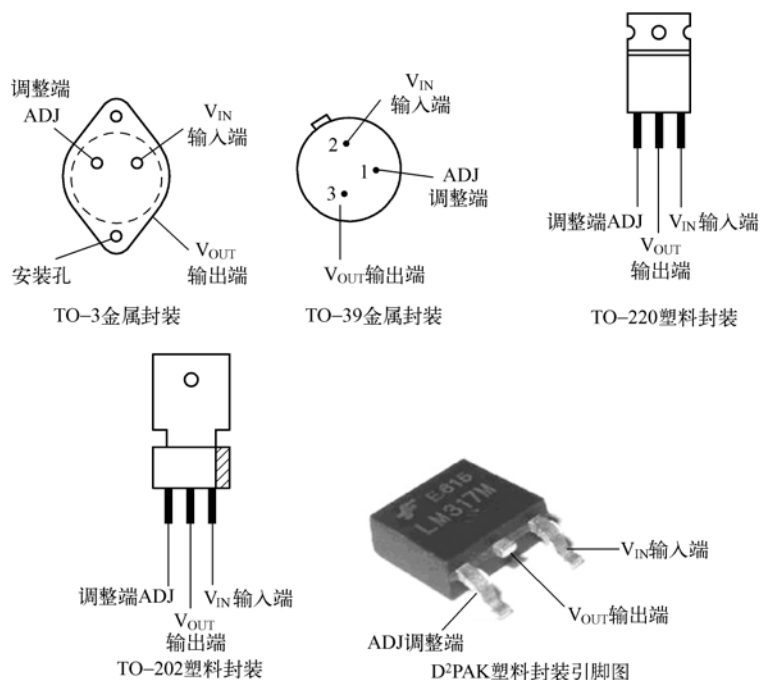
三端固定集成稳压器的分类参见表 7.2。

表 7.2 三端固定集成稳压器的分类

输出极性	国产系列或型号	最大输出电流 $I_{OM}$ (A)	输出电压 $U_O$ (V)	国外对应系列或型号
正电压输出	CW78L×× 系列	0.1	5、6、7、8、9、10、12、15、18、20、24	LM78L××、 $\mu$ A78L××、MC78L××
	78N×× 系列	0.3		$\mu$ PC78N××、HA78N××
	CW78M×× 系列	0.5		LM78M××、 $\mu$ A78M××、MC78M××
	CW78×× 系列	1.5		MA78××、LM78××、MC78××、L78××、TA78××、HA178××、 $\mu$ PC78××
	78DL×× 系列	0.25	5、6、8、9、10、12、15	TA78DL××
	CW78T×× 系列	3	5、12、18、24 M	C78T××
	CW78H×× 系列	5	5、12、24	$\mu$ A78H××
	78P05×× 系列	10 5		$\mu$ A78P05、LM396
负电压输出	CW79L×× 系列	0.1	-5、-6、-8、-9、-12、-15、-18、-24	LM79L××、 $\mu$ A79L××、MC79L××
	79N×× 系列	0.3		$\mu$ PC79N××
	CW79M×× 系列	0.5		LM79M××、 $\mu$ A79M××、MC79M××、TA79M××
	CW79×× 系列	1.5		$\mu$ A79××、LM79××、MC79××、L79××、TA79××、HA179××、 $\mu$ PC79××

## 二、三端可调集成稳压器

三端可调集成稳压器可以输出连续可调的直流电压。XX117/XX217/XX317、XX137/XX237/XX337。XX117/XX217/XX317 系列稳压器可输出连续可调的正电压；XX137/XX237/XX337 系列可输出连续可调的负电压。可调范围为  $1.25\sim 37\text{V}$ ，最大输出电流可达  $1.5\text{A}$ 。典型产品有 LM317/LM337 等。三端可调集成稳压器（LM317）封装形式和引脚功能如下图所示。

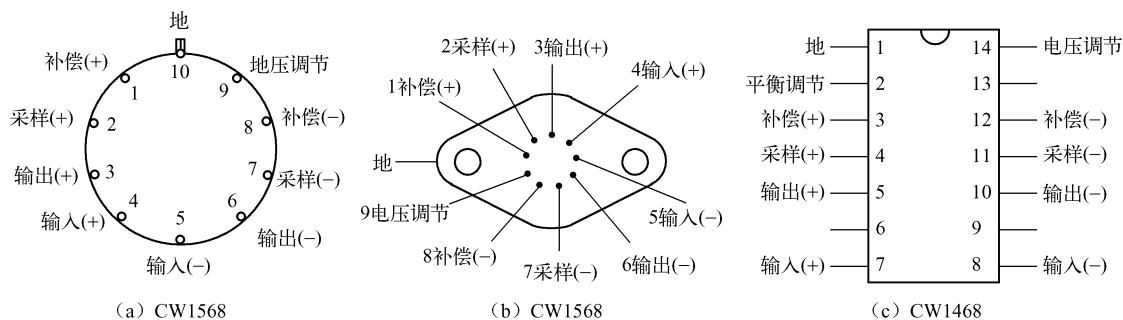


XX117/XX217/XX317 和 XX137/XX237/XX337 两种系列可调稳压器外形封装一样，区别在于输出电压一个是正压，一个是负压。

## 三、多端集成稳压器

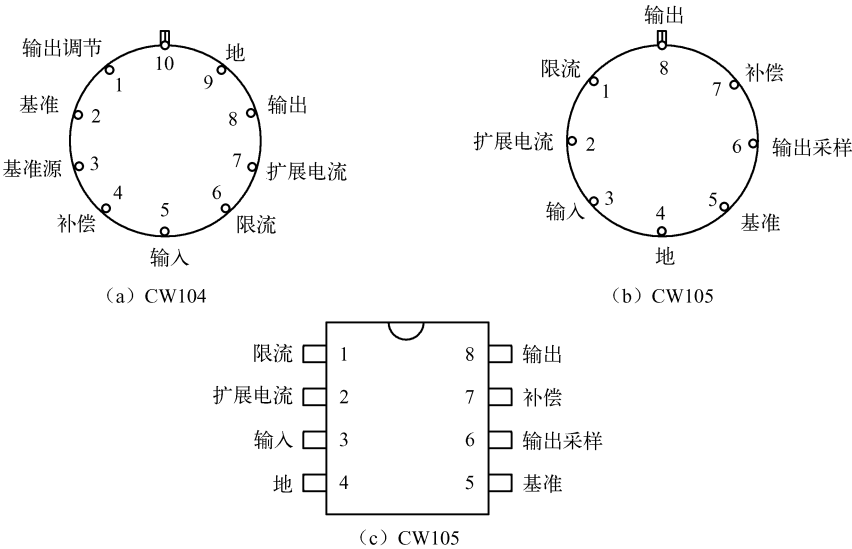
### 1. 多端固定集成稳压器

多端固定集成稳压器分正、负输出，代表产品有 CW1568、CW1468 等，如下图所示。输出电压为  $-15\text{V}\sim +15\text{V}$ 。多端固定集成稳压器输出电流较小（ $100\text{mA}$ ），要想得到较大输出电流，必须外接功率管。



2. 多端可调集成稳压器

多端可调集成稳压器取样电阻和保护电路的元件需要外接，它的外接端比较多，便于适应不同的应用场合。它的输出电压可调，以满足不同输出电压的要求。多端可调集成稳压器输出有正电压和负电压两种。输出正电压的产品（见下图）有 CW05 系列（CW105、CW205、CW305）、CW723、CW1569、CW3085 等，CW105 的输出电压为+4.5~+40V；输出负电压的产品有 CW04 系列（CW104、CW204、CW304）、CW1563 等，CW104 的输出电压为-0.015~-40V。



四、开关式集成稳压器

开关式集成稳压器是最近几年发展起来的一种稳压器，其效率特别高。它的工作原理与三端可调集成稳压器不同，是由直流变交流（高频）再变直流的变换器。通常有脉冲宽度调制和脉冲频率调制两种，输出电压是可调的。以 AN5900（见右图）、TLJ494、HAL7524 等为代表，广泛应用于微机、电视机和测量仪器等设备中。单片开关式集成稳压器的一个重要优点是具有较高的电源利用率，目前国内生产的 CW1524、CW2524、CW3524 系列是集成脉宽调制型稳压器，用它可以组装成开关型稳压电源。



几种常用稳压集成电路的参数参见表 7.3。

表 7.3 几种常用稳压集成电路的参数

参数名称/单位	CW7805 C	W7812	CW7912	CW317
输入电压/V	+10 +	19	-19	≤40
输出电压范围/V +	4.75~+5.25 +	11.4~+12.6	-11.4~-12.6 +	1.2~+37
最小输入电压/V	+7 +1	4	-14	+3 ≤ V <sub>i</sub> -V <sub>o</sub> ≤ +40
电压调整率/mV	+3 +3		+3	0.02%/V
最大输出电流/A	加散热片可达 1A			1.5

7.2.2 集成稳压器的主要技术指标

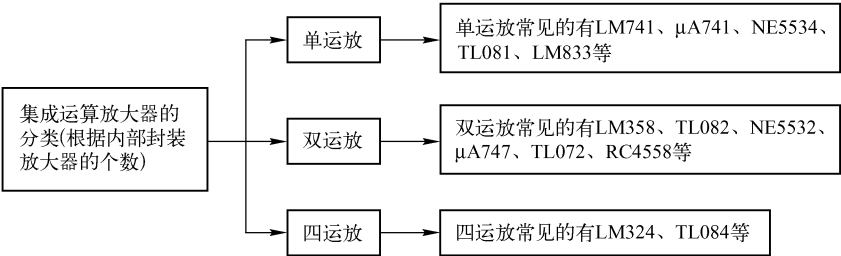
集成稳压器的主要技术指标参见表 7.4。

表 7.4 集成稳压器的主要技术指标

技 术 指 标	解 说
输出电压 $U_O$	输出电压是指集成稳压器正常工作时的输出电压值。对于固定输出稳压器，它是常数；对于可调式输出稳压器，它是输出电压范围
输出电压偏差	对于固定输出稳压器，实际输出的电压值和规定的输出电压之间往往有一定的偏差。这个偏差值一般用百分比表示，也可以用电压值表示
最大输出电流 $I_{Omax}$	最大输出电流 $I_{Omax}$ 指保证稳压器能够正常工作时所允许输出的最大电流，其大小往往与散热条件有关，散热条件好， $I_O$ 可大些，但不能超过 $I_{Omax}$ 。所以，使用集成稳压器时应加装散热片
最小输入电压 $U_{imin}$	输入电压值在低于最小输入电压值 $U_{imin}$ 时，稳压器将不能正常工作
最大输入电压 $U_{imax}$	最大输入电压是指稳压器安全工作时允许外加的最大电压值
最小输入、输出电压差值 ( $U_I-U_O$ )	最小输入、输出电压差值是指稳压器能够正常工作时的输入电压 $U_I$ 与输出电压 $U_O$ 的最小电压差值。一般 $U_I-U_O$ 最小应为 2~3V，如果此值太小，稳压器内部的调整管将进入饱和区，使得稳压器不能正常工作
电压调整率 $K_V$	当输入电压 $U_I$ 变化±10%时输出电压相对变化量 $\Delta U_O/U_O$ 的百分数称为电压调整率 $K_V$ 。此值越小，稳压性能越好。电压调整率能达到 0.1%~0.2%（电压调整率是稳压系数 $S_r=\Delta U_I/U_I \pm 10\%$ 的特例）
输出电阻 $R_O$	输出电阻是指在输入电压变化量 $\Delta U_I$ 为 0 时，输出电压变化量 $\Delta U_O$ 与输出电流变化量 $\Delta I_O$ 的比值。它反映负载变化时的稳压性能，即稳压器带负载能力。 $R_O$ 越小，即 $\Delta U_O$ 越小，稳压性能越好，带负载能力越强

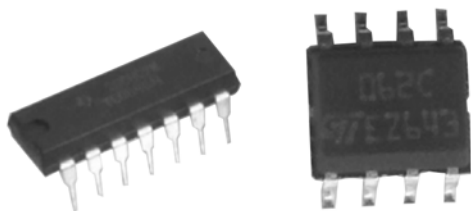
7.3 集成运算放大器的分类、特点及外形

集成运算放大器的分类如下图所示。



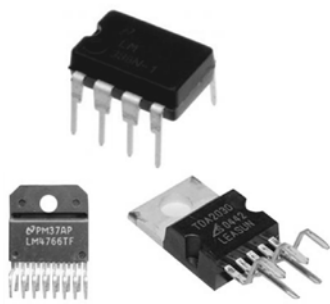
集成运算放大器简称运放，是一种高电压增益、高输入电阻和低输出电阻的多级直接耦合放大电路。集成运放工作在放大区时，输入和输出呈线性关系，所以又叫线性集成电路。

双运放（或四运放）的内部包含两组（或四组）形式完全相同的运算放大器，除电源公用外，两组（或四组）运放各自独立，其外形如下图所示。

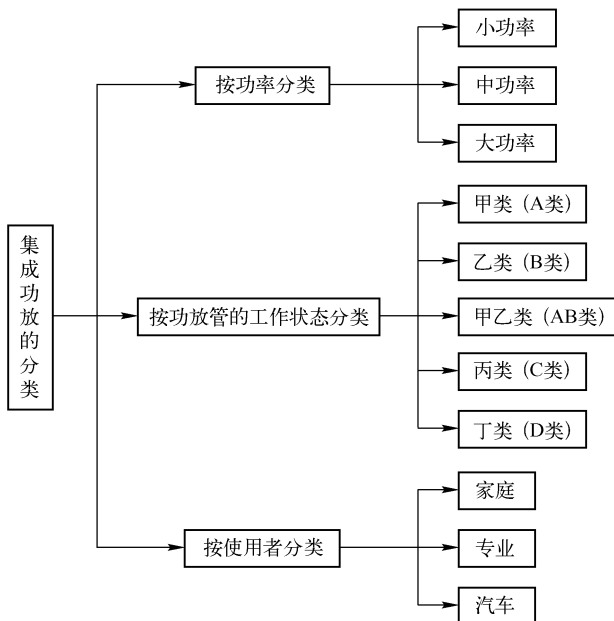


## 7.4 集成音频功率放大器的分类、特点及外形

集成音频功率放大器（见右图）简称集成功放。集成功放的作用是将前级电路送来的微弱电信号进行功率放大，产生足够大的电流驱动扬声器完成电-声转换。集成功放由于外围电路简单，调试方便，所以被广泛应用在各类音频功率放大电路中。



集成功放的分类如下图所示。



甲类功率放大器失真小，但效率低，约为 50%，功率损耗大，一般应用于家用高档电器。乙类功率放大器效率较高，约为 78%，但缺点是容易产生交越失真。甲乙类放大器，兼有甲类放大器音质好和乙类放大器效率高的优点，被广泛应用于家庭、专业、汽车音响系统中。丙类功率放大器较少，因为它是一种失真非常高的功放，只适合在通信器材上使用。丁类音频功率放大器又称数码功放，优点是效率最高，供电体积体积小，几乎不产生热量，因

此无须大型散热器，机身体积与质量显著减小，理论上失真低、线性佳，但这种功放线路复杂，成本较高。

\*\*\*

7.5 集成电路的识别

➤ 7.5.1 国产集成电路的型号命名

我国集成电路的型号命名采用与国际接轨的准则，一般由五部分组成，其各部分组成如下图所示，各部分含义参见表 7.5。

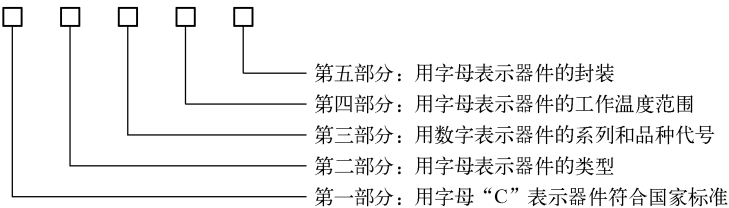
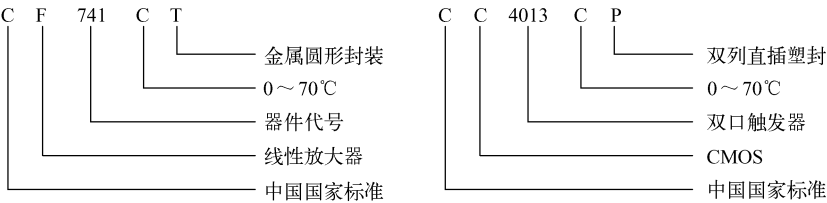


表 7.5 国产集成电路型号命名各部分的含义

第一部分：用字母表示器件符合国家标准		第二部分：用字母表示器件的类型		第三部分：用阿拉伯数字表示器件的系列和品种代号	第四部分：用字母表示器件的工作温度范围		第五部分：用字母表示器件的封装	
符号	意义	符号	意义		符号	意义	符号	意义
C	中国制造	T	TTL		C	0~70℃	W	陶瓷扁平
		H	HTL		E	-40~85℃	B	塑料扁平
		E	ECL		R	-55~85℃	F	全封闭扁平
		C	CMOS		M ...	-55~125℃ ...	D	陶瓷直插
		F	线性放大器				P	塑料直插
		D	音响、电视电路				J	黑陶瓷直插
		W	稳压器				K	金属菱形
		J	接口电路				T	金属圆形

国产集成电路型号命名示例如下图所示。



7.5.2 国外集成电路的型号命名

1. 日本生产的集成电路型号命名方法

(1) 日本东芝公司生产的集成电路型号由三部分组成，各组成部分的含义参见表 7.6。

表 7.6 日本东芝公司生产集成电路型号各组成部分的含义

第一部分：类型		第二部分：电路型号		第三部分：封装形式或改进型	
字母	含义	数字	含义	字母	含义
TA	双极线性	4XXX	CMOS 4000 系列	A	改进型
TC CMOS				C	陶瓷封装
TD	双极数字			M	金属封装
TM MOS	S	7XXX	视听系列	P	塑料封装
TH	混合型集成电路			P—LB	塑料封装单排列直插式
				D、F	扁平封装

(2) 日本三洋公司生产的集成电路型号由两部分组成，各组成部分的含义参见表 7.7。

表 7.7 日本三洋公司生产的集成电路型号各组成部分的含义

第一部分：用字母表示集成电路类型		第二部分：型号
LA	单块双极线性	用数字表示集成电路型号
LB	双极数字	
LC CMOS		
LE MNMOS		
LM	PMOS, NMOS	
STK	厚膜	

(3) 日本日立公司生产的集成电路型号由四部分组成，各组成部分的含义参见表 7.8。

表 7.8 日本日立公司生产的集成电路型号各组成部分的含义

第一部分：电路类型		第二部分：应用范围		第三部分： 型号	第四部分：封装形式	
字母	含义	数字	含义	用数字表示集成电路 型号	字母	含义
HA	模拟电路	11	高频用		P	塑料封装
					C	陶瓷封装
HD	数字电路	12	音频用		F	双列扁平封装
					R	引脚排列相反
		W			四列扁平封装	
HM	存储器（RAM）	13			G	陶瓷浸渍
		14			NT	缩小型双列直插式封装
HN	存储器（ROM）	17	工业用		NO	陶瓷双列直插式封装
					F（FP）	塑料扁平直插式封装
					AP	改进型

(4) 日本索尼公司生产的集成电路型号由三部分组成，各组成部分的含义参见表 7.9。

表 7.9 日本索尼公司生产的集成电路型号各组成部分的含义

第一部分：类型		第二部分：型号	第三部分：封装形式或改进型	
字母	含义	用两位或三位数字表示集成电路的型号	字母	含义
CXA	双极型集成电路		A	改进型
CXB	双极型数字集成电路		D	双列直插式封装
CXD	MOS 集成电路		L	单列直插式封装
CXK	存储器		M	小型扁平封装
BX	混合型集成电路		K	无引线芯片载体
L	CCD 集成电路		Q	四列扁平封装
PQ	微处理器		S	缩小型双列直插式封装

(5) 日本松下公司生产的集成电路型号由四部分组成，各组成部分的含义参见表 7.10。

表 7.10 日本松下公司生产的集成电路型号各组成部分的含义

第一部分：类型		第二部分：应用范围		第三部分：序号	第四部分：封装形式或改进型	
字母	含义	数字	含义	用两位数字表示电路序号	字母	含义
AN	模拟集成电路	10~19	运算放大器比较电路		K	缩小型双列直插
		20~25	摄像机电路			
		26~29	影碟机电路		P	普通塑料封装
DN	数字集成电路	30~39	录像机电路			
		40~49	运算放大器电路			
		50~59	电视机电路			
MN	MOS 集成电路	60~64	录像机、音响电路		S	小型扁平封装
		65	运算放大器及其他电路			
		66~68	工业电路及家用电器		N	改进型
		69	比较器及其他电路			
OM	助听器电路	70~76	音响电路			
		78~80	稳压器电路			
		81~83	工业及家用电器			
		90	晶体管系列			

(6) 日本三菱公司生产的集成电路型号由五部分组成，各组成部分的含义参见表 7.11。



表 7.11 日本三菱公司生产的集成电路型号各组成部分的含义

第一部分：公司代号		第二部分：应用领域		第三部分：电路型号		第四部分：电路类型	第五部分：规格	第六部分：封装形式	
字母	含义	数字	含义	数字	含义	用两位数字表示电路类型	用字母表示电路的不同规格	字母	封装形式
M	日本三菱公司产品	5	工业、商业用产品	0	CMOS 电路			K	玻璃封口陶瓷封装
				1、2	线性电路			L	注塑单列直插式封装
				3	TTL 电路			P	注塑双列直插式封装
				9	DTL 电路			S	金属封口陶瓷封装
		9	军用	01~09 C	MOS 电路			SP	塑料缩型封装
				10~19	线性电路			FP	注塑扁平封装
				32、33 T	TL 电路			B	树脂封口陶瓷双列直插式封装
				81、85 PM	OS 电路			R、Y	金属壳玻璃封装
				84、89 C	MOS 电路			T	塑料单列直插式封装
				87	NMOS 电路				

2. 美国生产的集成电路型号命名方法

美国生产的半导体集成电路型号命名由四部分组成，各组成部分的含义参见表 7.12。

表 7.12 美国产集成电路型号命名各组成部分的含义

第一部分：类型		第二部分：型号 数	第三部分：封装形式或是改进型		第四部分：温度范围	
字母	含义	用数字表示电 路型号数	字母	含义	数字	含义
LM	单片线性电路		A	改进型	1.7	-55~125℃ （军用）
LF	双极场效应线性 电路		D	玻璃/金属双列直插式封装		
TCA F	线性电路			玻璃/金属扁平封装		
TDA N				标准双列直插式封装	2	-25~85℃ （工业用）
TBA			F00	玻璃/金属扁平封装，标准 引线		
LH	F01					
LP	F06					
LX	F07					
ADC	模/数转换电路		W00	陶瓷扁平封装，标准引线	3.8	0~75℃
			W01			
			W06			
			W07			

3. 集成电路国外部分公司及产品代号

集成电路国外部分公司及产品代号参见表 7.13。

表 7.13 集成电路国外部分公司及产品代号

前缀字母	生产厂家	前缀字母	生产厂家
AC	得克萨斯仪器公司（美）	TDA	汤姆逊半导体公司（法）
AD	模拟器件公司（ANA）（美）	TL	德州仪器公司（美）
AN	松下电气公司（日）	ULN	摩托罗拉半导体公司（美）
BA	罗姆公司（日）	$\mu$ PC	电气公司（NEC）（日）
CA	美国无线电公司（BCA）	TDA	西门子公司、德律风根公司（德）
CX	索尼公司（日）		
CXA	索尼公司（日）		
CXD	索尼公司（日）	TDA	电气公司、日立公司（日）
HA	日立公司（日）		
KA	三星电子公司（韩）	LM	国家半导体公司、西格尼蒂克公司、飞兆半导体公司、摩托罗拉半导体公司（美）
KIA	韩国电子公司（韩）		
LA	三洋电气公司（日）		
LB	三洋电气公司（日）		
LF	飞利浦（荷兰）	TDA	美国摩托罗拉半导体公司、美国国家半导体公司、美国无线电公司、美国无线电公司
LM	三洋电气公司（日）		
LM	飞利浦（荷兰）		
LM	三星电子公司（韩）		
M	三菱公司（日）	MC	摩托罗拉公司（MOTA）（美）
RA	日立公司（HIT）（日）	NE	悉克尼特公司（SIC）（美）
$\mu$ A	仙童公司（PSC）（韩）	TA	东芝公司（TOS）（日）
TL	德克萨斯公司（THI）（韩）	IC	英特西尔公司（INL）（美）

集成稳压器的型号由两部分组成。第一部分是字母，国标用“CW”表示，其中“C”表示中国，“W”表示稳压器；国外产品有 LM、 $\mu$ A、MC、 $\mu$ PC 等。第二部分是数字，表示不同的输出电压。国内外同类产品的数字意义完全相同。

集成电路的型号一般都在器件表面印刷（或者激光刻蚀）出来。集成电路有各种型号，命名有一定规律，一般由前缀、数字编号、后缀组成。绝大部分国内外厂商生产的同一种集成电路，采用基本相同的数字编号，而以不同的字头代表不同的厂商，如 NE555、LM555、 $\mu$ PC555、SG555 是由不同国家和厂商生产的定时器电路，它们的功能、封装、引脚排列也都一致，可以相互替换使用。


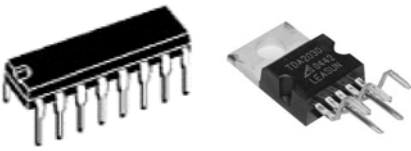
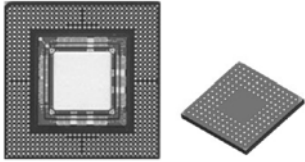
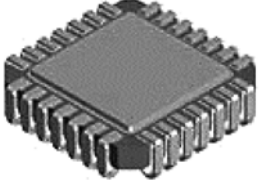
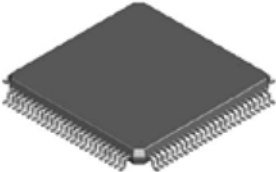
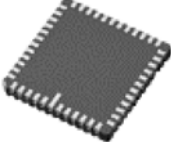
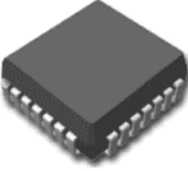
### 7.5.3 集成电路的封装形式

集成电路封装形式是指安装半导体集成电路芯片用的外壳。它不仅起着安装、固定、密封、保护芯片及增强电热性能等方面的作用，同时还通过芯片上的接点用导线连接到封装外壳的引脚上，这些引脚又通过印制电路板上的导线与其他器件相连接，从而实现内

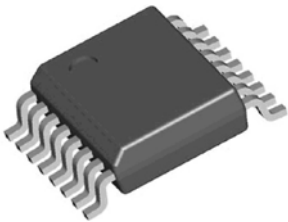
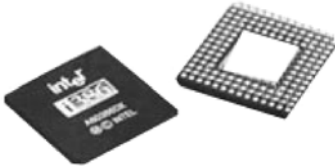


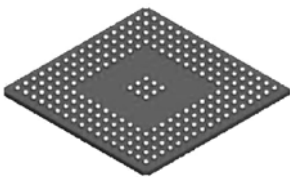



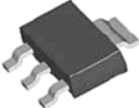
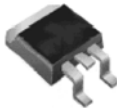
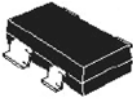



部芯片与外部电路的连接。封装技术的好坏直接影响到芯片自身性能的发挥，以及与之连接的印制电路板（PCB）的设计和制造。因此封装形式是至关重要的。

集成电路的封装形式有多种。按照封装外形分，主要有直插式封装、贴片式封装、BGA 封装、CSP 封装等类型。按照封装材料分，主要有金属封装、塑料封装和陶瓷封装等。常见集成电路的封装形式参见表 7.14。

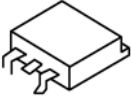
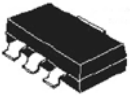



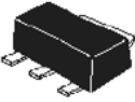
表 7.14 常见集成电路的封装形式

名 称	封 装 外 形	特 点
SIP		该类型的引脚在芯片单侧排列，又分单列直插式封装和单列曲插式封装，单列直插式封装的集成电路只有一排引脚，单列曲插式的集成电路一排引脚又分成两排进行安装
DIP		双列直插式封装，引脚从封装两侧引出，封装材料有塑料和陶瓷两种。DIP 是最普及的插装型封装，引脚中心距 2.54mm，引脚数为 6~64
BGA		球栅阵列封装属于表面贴装型封装的一种，在 PCB 的背面布置二维阵列的球形端子,而不采用引脚引脚，焊球的节距通常为 1.5mm、1.0mm、0.8mm，也称为凸点陈列载体 (PAC)。引脚可超过 200，是多引脚 LSI 用的一种封装。封装本体也可做得比 QFP（四侧引脚扁平封装）小。美国 Motorola 公司把用模压树脂密封的封装称为 OMPAC，而把灌封方法密封的封装称为 GPAC。
CLCC		带引脚的陶瓷芯片载体，表面贴装型封装之一，引脚从封装的四个侧面引出，呈丁字形。此封装也称为 QFJ、QFJ-G
QFP		四侧引脚扁平封装属于表面贴装型封装，引脚从四个侧面引出。基材有陶瓷、金属和塑料三种。从数量上看，塑料封装占绝大部分。当没有特别表示出材料时，多数情况为塑料 QFP。引脚中心距为 0.635mm，引脚数为 84~196
LCC		无引脚芯片载体指陶瓷基板的四个侧面只有电极接触而无引脚的表面贴装型封装，是高速和高频 IC 用封装
PLCC		无引线塑料封装载体是一种塑料封装的 LCC，也用于高速、高频集成电路封装

续表

名 称	封 装 外 形		特 点	
SOP			小外形封装（引脚间距为 1.27mm），派生出 SOJ（J 型引脚小外形封装）、TSOP（薄小外形封装）、VSOP（甚小外形封装）、SSOP（缩小型 SOP）、TSSOP（薄的缩小型 SOP）及 SOT（小外形晶体管）、SOIC（小外形集成电路）	
PGA			阵列引脚封装，底面引脚呈阵列状排列。引脚中心间距通常为 2.54mm，引脚数为 64~447	
CSP			CSP 是先进的集成电路封装形式	
PQFP			PQFP 封装的芯片引脚之间距离很小，引脚很细，一般大规模或超大型集成电路都采用这种封装形式，其引脚数一般在 100 个以上	
LGA			触点阵列封装，即在底面制作有阵列状态电极触点的封装，装配时插入插座即可。现已实用的有 227 触点（1.27mm 中心距）和 447 触点（2.54mm 中心距）的陶瓷 LGA，应用于高速逻辑电路	
MCM			多芯片组件，即将多块半导体裸芯片组装在一块布线基板上的一种封装。CM 是在混合集成电路技术基础上发展起来的一项微电子技术，其与混合集成电路产品并没有本质的区别，只不过 MCM 具有更高的性能、更多的功能和更小的体积，可以说 MCM 属于高级混合集成电路产品	
SOT（小外形晶体管）	 TO-252	 SOT-343	 SOT-223	 TO-263/TO-268
	 SOT-143	 SOT-23	 SOT-089	 SOT-25/SOT-353

续表

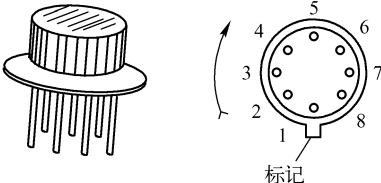
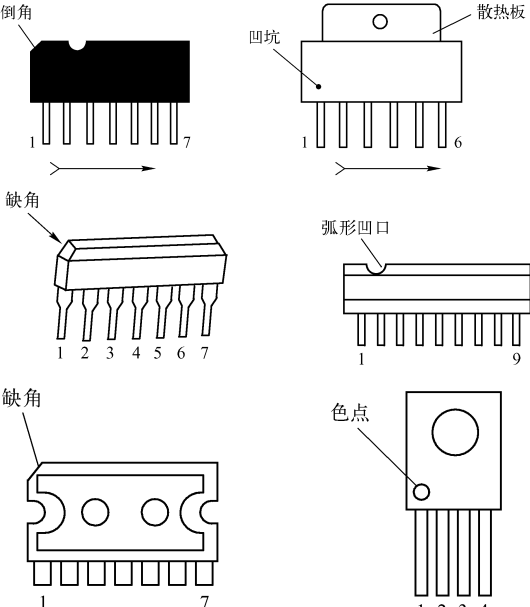
名 称	封 装 外 形		特 点	
SOT（小外形晶体管）	 SOT-220	 SOT-223	 SOT-523	 SOT-26/SOT-363
	 SOT-23/SOT-323	 SOT-089		

7.5.4 集成电路的引脚识别

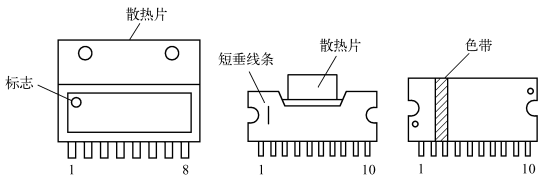
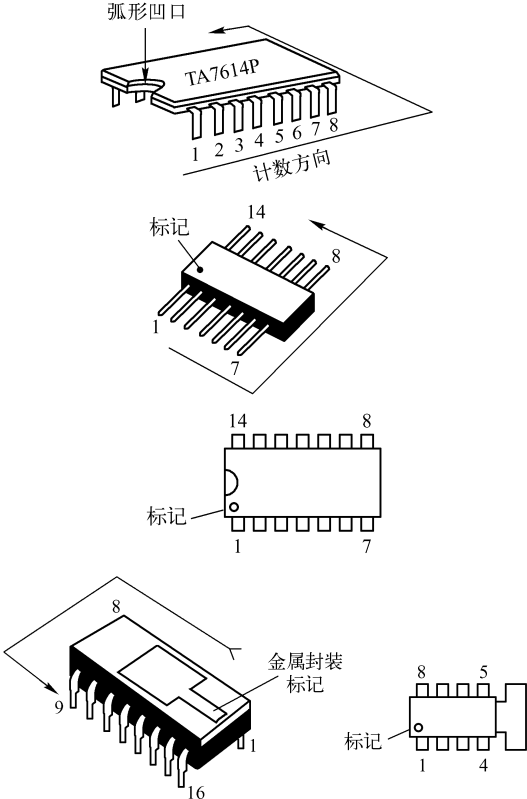
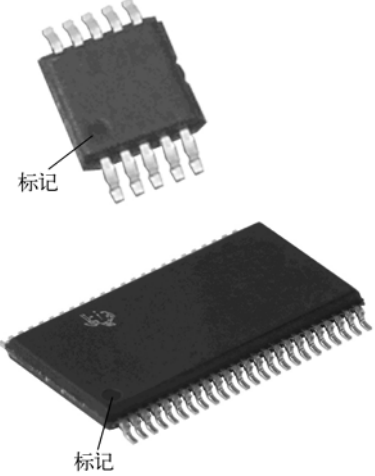
集成电路通常有多个引脚，每一个引脚都有其相应的功能，使用集成电路前，必须认真识别集成电路的引脚，确认电源、接地端、输入、输出、控制端等引脚号，以免因接错而损坏器件。

几种常见的集成电路封装形式及引脚识别参见表 7.15。

表 7.15 几种常见的集成电路封装形式及引脚识别

封装形式	封装标记及引脚识别	引脚识别方法	特 点
金属圆形	 标记	将引脚朝上，从管键（凸起的定位销）开始，顺时针计数，依次为 1、2、3……脚	多用于集成运放等，引脚数有 8、10、12 等，散热和屏蔽性良好
单列直插式		把引脚朝下，面对型号或定位标记，从自定位标记一侧的第一只引脚开始计数，依次为 1、2、3……脚	单列直插式封装（SIP）集成电路只有一排引脚，单列曲插式封装（ZIP）的集成电路一排引脚又分成两排进行安装。引脚数常有 3、4、5、7、8、9、10、12、16 等几种。成本低且安装方便

续表

封装形式	封装标记及引脚识别	引脚识别方法	特    点
单列直插式			
双列直插式		<p>将 IC 正面的字母、代号对着自己，使定位标记（凹坑、倒角或缺角、色点或色带等）朝左下方，则处于最左下方的引脚是第 1 脚，再按逆时针方向依次计数，便是第 2、3……脚</p>	<p>双列直插式封装（DIP）集成电路具有两排引脚，它适合 PCB 的穿孔安装，易于对 PCB 布线，安装方便。其结构形式主要有陶瓷双列直插式封装、单层陶瓷双列直插式封装及引线框架式封装等。引脚中心距为 2.54mm，引脚数为 6~64，封装宽度通常为 15.2mm。</p> <p>塑封造价低，应用最广泛，陶瓷封装耐高温，造价较高，用于高档产品</p>
双列表面安装		<p>将 IC 正面的字母、代号对着自己，使定位标记（凹坑、色点）朝左下方，则处于最左下方的引脚是第 1 脚，再按逆时针方向依次计数，便是第 2、3……脚</p>	<p>双列表面安装（SOP）又称小外形封装（引脚间距为 1.27mm），派生出 SOJ（J 型引脚小外形封装）、TSOP（薄小外形封装）、VSOP（甚小外形封装）、SSOP（缩小型 SOP）、TSSOP（薄的缩小型 SOP）及 SOP（小外形晶体管）。</p> <p>体积小，主要用于微产品组装</p>

续表

封装形式	封装标记及引脚识别	引脚识别方法	特 点
扁平矩形		从缺角处逆时针开始计数, 依次为1、2、3……脚	方形扁平封装(QFP), 通常只有大规模或超大规模集成电路采用这种封装形式, 其引脚数一般都在100以上

集成电路的引脚排列次序有一定的规律, 一般是从外壳顶部向下看, 从左下角按逆时针方向读数, 其中第1脚附近一般有参考标志, 如缺口、凹坑、斜面、色点等。引脚排列的一般顺序如下。

- (1) 缺口: 在集成电路的一端有一半圆形或方形的缺口。
- (2) 凹坑、色点或金属片: 在集成电路一角有一凹坑、色点或金属片。
- (3) 斜面、切角: 在集成电路一角或散热片上有一斜面切角。
- (4) 无识别标记: 在整个集成电路无任何识别标记, 一般可将集成电路型号面面对自己, 正视型号, 引脚号从左下向右逆时针依次为1、2、3……脚。
- (5) 有反向标志“R”的集成电路: 某些集成电路型号末尾标有“R”字样, 如 $HA \times \times \times A$ 、 $HA \times \times \times AR$ 。若其型号后缀中有一字母R, 表明其引脚顺序为自右向左反向排列。例如, MS115P、HA1339A、HA1366W 的引脚排列顺序自左向右为正向排列, M5115PR、HA1339AR、HA1366WR 的引脚排列顺序则自右向左为反向排列。以上两种类型的集成电路的电气性能一样, 只是引脚序号相反。

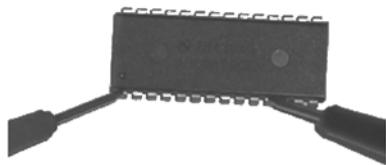
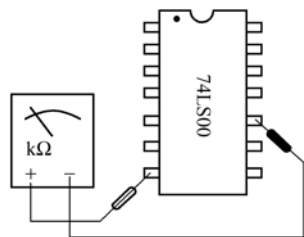
## 7.6 集成电路的检测

集成电路常用的检测方法有在线测量法、非在线测量法(裸式测量法)。

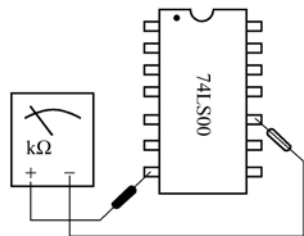
在线测量法(见右图)即通过万用表检测集成电路在路(在电路中)直流电阻、对地交/直流电压及工作电流是否正常, 来判断该集成电路是否损坏。这种方法是检测集成电路最常用和实用的方法。



非在线测量法(见下图)即在集成电路未接入电路时, 通过万用表测量集成电路各引脚对应于接地引脚之间的正、反向直流电阻值, 然后与已知正常同型号集成电路各引脚之间的直流电阻值进行比较, 以确定其是否正常。本书在没有特殊标注时, 一般把红表笔接地, 黑表笔测量的方法定义为正向电阻测量; 把黑表笔接地, 红表笔测量的方法定义为反向电阻测量, 同时选用的是指针式万用表。



(a) 测量正向电阻



(b) 测量反向电阻

正常的 78 系列三端集成稳压器非在线测量时, 各引脚电阻值参见表 7.16; 正常的 79 系列三端集成稳压器非在线测量时, 各引脚电阻值参见表 7.17。

表 7.16 78 系列三端集成稳压器非在线测量时各引脚电阻值

红表笔所接引脚	黑表笔所接引脚	正常电阻值 (k $\Omega$ )
电压输出端 (Vo)	接地端 (GND) 2.	3~6.9
电压输入端 (Vi)	接地端 (GND) 4.	0~6.2
电压输入端 (Vi)	电压输出端 (Vo) 4.	5~5.5
接地端 (GND)	电压输出端 (Vo) 2.	5~15.0
接地端 (GND)	电压输入端 (Vi) 23.	0~45.5
电压输出端 (Vo)	电压输入端 (Vi) 27.	5~50.5

表 7.17 79 系列三端集成稳压器非在线测量时各引脚电阻值

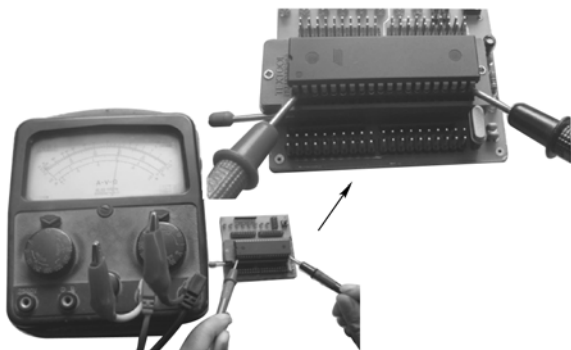
红表笔所接引脚	黑表笔所接引脚	正常电阻值 (k $\Omega$ )
电压输出端 (Vo)	接地端 (GND) 2.	3~4
电压输入端 (Vi)	接地端 (GND) 14	~16.2
电压输入端 (Vi)	电压输出端 (Vo) 16.	5~23
接地端 (GND)	电压输出端 (Vo) 2.	5~4.5
接地端 (GND)	电压输入端 (Vi)	4~5.5
电压输出端 (Vo)	电压输入端 (Vi)	4~5.5

### 7.6.1 直流电阻检测法

直流电阻检测法是一种用万用表欧姆挡直接在电路板上测量集成电路各引脚和外围元



件的正、反向直流电阻值，并与正常数据进行比较，以确定故障的一种方法，如下图所示。



使用集成电路时，总有一个引脚与印制电路板上的“地”线是连通的，在电路中该引脚称为地脚。由于集成电路内部元器件之间的连接都采用直接耦合，因此，集成电路的其他引脚与接地引脚之间都存在着确定的直流电阻，这种确定的直流电阻称为内部等效直流电阻，简称内阻。当拿到一块新的集成电路时，可通过用万用表测量各引脚的内阻来判断其好坏，若与标准值相差过大，则说明集成电路内部损坏。由于集成电路内部有大量非线性元件，如二极管、三极管等，故在测量中单测一个阻值不能判断其好坏，必须互换表笔再测一次，以获得正、反向电阻两个阻值。只有当内电阻正、反向阻值都符合标准值时，才能断定该集成电路完好。在电路中测得的集成电路某引脚与接地脚之间的直流电阻（在路电阻），实际是内电阻与外界电阻并联的总直流等效电阻。

有时在线测量电阻值偏离标准值，并不一定是集成电路损坏而是有关外围元件损坏，使外电阻不正常，从而造成在线电阻的异常。这时可以通过测量集成电路内部直流等效电阻来判定集成电路是否损坏。在线检测集成电路内部直流等效电阻时可不把集成电路从电路板上拆下来，只需将在路电阻异常的引脚与电路断开，再测量该引脚与接地脚之间的正、反向电阻值，便可判断其好坏。

#### 注意：

在线测量时，测量直流电阻之前要先断开电源，以免测试时损坏万用表。

### 7.6.2 总电流测量法

总电流测量法是通过检测集成电路电源进线的总电流，来检测集成电路好坏的一种方法。由于被测集成电路内部绝大多数为直接耦合，被测集成电路损坏时（如某一个 PN 结击穿或开路）会引起后级饱和与截止，使总电流发生变化。所以通过测量总电流的方法可以判断集成电路的好坏，也可测量电源通路中电阻的电压降，通过欧姆定律计算出总电流。

### 7.6.3 对地交、直流电压测量法

对地交、直流电压测量法是一种在通电情况下，用万用表直流电压挡对直流供电电压、外围元件的工作电压进行测量，检测集成电路各引脚对地直流电压值，并与正常值相比

较，进而压缩故障范围，找出损坏元件的测量方法，如右图所示。



对于输出交流信号的输出端，此时不能用直流电压法来判断，要用交流电压法来判断。检测交流电压时要把万用表挡位置于“交流挡”，然后检测该引脚对电路“地”的交流电压。如果电压异常，则可断开引脚连线测量接线端电压，以判断电压变化是由外围元件引起的，还是由集成电路引起的。

对于一些多引脚集成电路，不必检测每一个引脚的电压，只要检测几个关键引脚的电压值即可大致判断故障位置。开关电源集成电路的关键是电源脚  $V_{CC}$ 、激励脉冲输出脚  $V_{OUT}$ 、电压检测输入脚、电流检测输入端  $I_L$ 。

音频放大集成电路的关键引脚是电源脚  $V_{CC}$ 、接地端  $GND$ 、输入端  $IN$ 、输出端  $OUT$ 。对引起无声故障的音频功放集成电路，若其电源引脚电压正常，可用信号干扰法来检查。检查时，可手捏金属螺丝刀金属部分碰触音频输入端，或者将指针式万用表置于  $R \times 1\Omega$  挡，红表笔接地，黑表笔碰触音频输入端，正常情况下扬声器会发出较强的“喀、喀”声。

在路检测集成电路关键脚电阻值和直流电压值，与正常值进行比较（正常值可从电路原理图或有关资料中查出），以确定故障引脚。

#### 7.6.4 集成电路质量好坏的判断方法

判断集成电路质量的好坏，可采取一看、二检、三测的方法。

（1）一看：看集成电路封装是否标准，型号标注的图案、字迹是否清晰，产地、商标及出厂编号是否齐全，如右图所示。

（2）二检：检查集成电路的引脚是否有腐蚀插拔的痕迹，正常集成电路的引脚应光滑亮泽，无缺陷且烤漆完好无损。

（3）三测：测量集成电路的所有引脚电压是否在额定值以内，如正常再进行下步检查；测量集成电路引脚上当前的输入信号是否符合电路原理图中的信号要求；测量相对应引脚的输出信号是否符合要求；测量与之相连接的外围电路是否存在开路或短路现象。



一般集成电路的综合检测方法参见表 7.18。

表 7.18 一般集成电路的综合检测方法

名 称	解 说
目测法	目测法就是通过眼睛观察集成电路外表是否正常,从而判断集成电路是否损坏。正常的集成电路外表字迹清晰、整体无损、表面光滑、引脚无锈等。损坏的集成电路外表有裂纹或划痕,表面有小孔、缺角、缺块、烧焦等
感觉法	感觉法就是通过人的感觉体验集成电路是否正常。这里的感受主要是指触觉、听觉和嗅觉等。感觉法包括:集成电路表面温度是否过热、是否松动、是否发出异常声音、是否产生异常的气味等,也就是通过触觉、听觉、嗅觉去检测集成电路。触觉主要靠手去感知温度。感知温度是根据电流的热效应判断集成电路是否过热
电压检测法	电压检测法就是通过检测集成电路的引脚电压值,并与有关参考值进行比较,从而得出集成电路是否有故障以及故障的原因。电压检测法需要两种数据:一种是参考数据,另一种是检测数据
电阻检测法	电阻检测法是通过测量集成电路某个引脚对地正、反直流电阻值,并与正常参考数值进行比较,以此来判断贴片集成电路好坏的一种方法。此方法分在线电阻检测法和非在线电阻检测法两种。 在路电阻检测法是指在集成电路与外围元器件保持相关电气连接的情况下所进行的直流电阻检测方法。它最大的优点就是检测无须把集成电路从印制电路板上拆卸下来。 非在路电阻检测法就是对裸集成电路的引脚之间的电阻值进行测量。它最大的优点是测量结果不受外围元器件的影响
电流检测法	电流检测法是指通过测量集成电路各引脚的电流,其中以检测集成电路电源端的电流值为主的一种测量方法。因测量电流需要把测量仪器串联在电路上,所以应用不是很广泛。同时可以通过测电阻与电压,再利用欧姆定律进行计算得出电流值
信号注入法	信号注入法是指通过给集成电路引脚注入测试信号(包括干扰信号),进而通过屏幕显示电压、电流波形等来判断故障的一种方法。此方法关键之一,就是采用合适的信号源。信号源可以分为专用信号源和非专用信号源。对维修人员来说,非专用信号源实用效果好,非专用信号源可以采用万用表信号源和人体信号源等
代换法	代换法就是用好的集成电路代替怀疑损坏的贴片集成电路的一种检测方法,这种方法非常便捷。采用该方法时应注意以下几点。 (1)代换法分为直接代换法和间接代换法。 (2)尽量采用与怀疑损坏的贴片集成电路同型号的好的集成电路来代换。 (3)代换时要注意不同的尾号所代表的含义不同。 (4)要注意代换的具体封装结构。 (5)在没有判断集成电路的外围电路元器件是否损坏之前,不要急于代换,否则会使代换上去的集成电路再次损坏。 (6)如果进行试探性代换,最好接有保护电路。 (7)保证所代换的集成电路是好的
加热法和冷却法	加热法是怀疑集成电路由于热稳定性变差,在正常工作不久后温度明显异常,但是又没有十足把握确定其是否损坏,这时可用温度高的物体对其进行辐射,使其出现明显的故障,从而判断集成电路是否损坏。加热可以用电烙铁烤或用电吹风热吹,烤和吹的时间不宜太长。若对怀疑损坏的集成电路加热了也不见出现故障,则应考虑停止加热。 冷却法就是对集成电路进行降温,使故障消失从而判断所降温的集成电路是否损坏的一种检修方法。冷却的物质或工具可以用 95% 的酒精、吹风机吹冷风等
升压法和降压法	提高所怀疑集成电路的电源电压,就是升压法。升压法一般是故障(某个元件值变大)把集成电路的电源拉低才采用的一种检测方法。注意升压时电源电压也不能过高,应在集成电路的电源允许范围内。降低集成电路电源电压就是降压法。降压法包括采用电源电压端串联电阻法、电源端串联二极管法
综合法	综合法就是各种方法的综合应用。但需要注意,尽量使用安全、简单、易行、经济、可靠、快速的方法以及这些方法的组合

# 机电元件的识别与检测

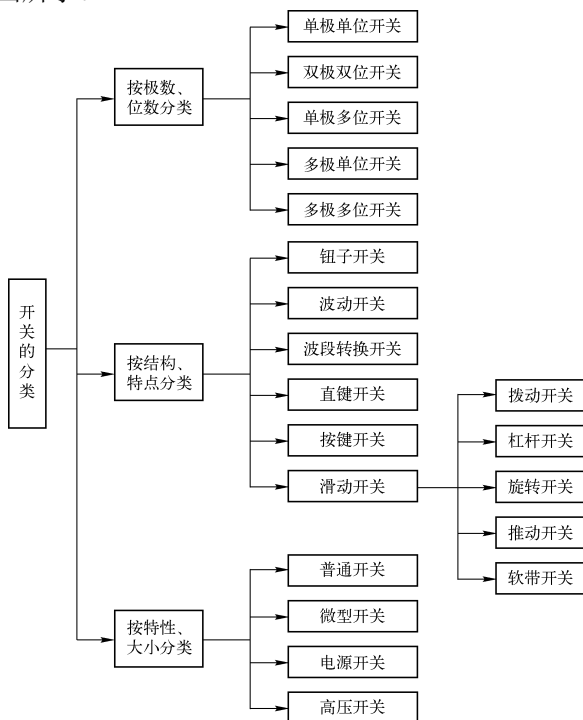
机电元件是利用机械力或电信号的作用使电路实现接通、断开或转接等功能的元件。常用的机电元件有开关和连接器，它们的基本功能都是实现电路的通、断。

## 8.1 开关的识别与检测

开关就是在电路中对电路或负载的供电进行通、断控制的一种元器件。开关按照控制方式可分为电子开关和机械开关两大类。电子开关是由具有开关特性的元器件（如三极管、晶闸管）制成的一种无触点开关，这种开关在电路的通、断控制过程中没有机械力的参与。机械开关是利用机械力作用完成电路的通、断控制工作的。

### 8.1.1 开关的分类

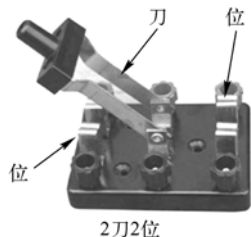
开关的分类如下图所示。



开关的种类很多,可按极数、位数、结构、功能及大小分类,如机械开关、水银开关、舌簧开关、薄膜开关、电子开关、定时开关、接近开关、波段转换开关及拨码开关等。

### 一、按极(刀)数、位(掷)数分类

机械操作的开关触点(触头、触刀)称为极(刀),即可活动的触点(动触点)称为极。固定触点(定触点)称为位(掷),如右图所示。



单极开关只有一个触点,可分为单极单位(单刀单掷)开关、单极双位(单刀双掷)开关、单极多位(单刀多掷)开关和多极多位(多刀多掷)开关等。

单刀单掷开关只有一个动触点和一个静触点,因此只接通或断开一条电路。单刀双掷开关可以接通或断开两条电路中的一条;单刀多掷开关的操作依次类推。操作多刀多掷开关时,一般各极是同步进行的。

### 二、按结构分类

开关按结构分类主要有钮子开关、按键开关、波动开关、旋转式开关、琴键开关、滑动开关(拨动开关)、轻触开关、拨码开关、微型按键开关及薄膜开关等。

#### 1. 钮子开关的外形及特点

钮子开关(见右图)主要用作小型电源电路转换开关,主要特点是螺纹圆孔安装,加工方便。

国产钮子开关的型号为 KN $\times\times$ 和 KNX $\times\times$ ,其中后者为小型钮子开关。



常用钮子开关的主要参数参见表 8.1。

表 8.1 常用钮子开关的主要参数

名 称	型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	接触电阻 ( $\Omega$ )	绝缘电阻 (M $\Omega$ )	力矩 (kgf)	寿命 (次)	结构特点
钮子开关	KN3—A KN3—B	DC 27 DC300 AC110 AC220	6 0.5 5 3	$\leq 0.01$	10	0.5~2	10000	A 型板的材料为铜; B 型板的材料为塑料
小型钮子开关	KNX—2W1D KNX—2W2D	DC 30 AC220	1 2		1000	0.2~1.5		
超小型钮子开关	KNC—2W1D KNC—2W2D	DC25 AC220	0.5 1		100	0.2~1		

续表

名 称	型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	接触电阻 (Ω)	绝缘电阻 (MΩ)	力矩 (kgf)	寿命 (次)	结构特点
波动开关	KND2 (KSZ)	DC30 AC220	1.5 3	1000				由塑料船型按钮、塑料外壳及导电触头组成

2. 按键开关的外形及特点

按键开关（见右图）常用于家用电器、通信设备、自控设备、计算机及仪表中，有时用于电路切换的场合，主要特点是嵌卡式安装可靠，指示灯、轻触式操作。

按键开关按形状分主要有小型按键开关和大型按键开关两种，形状多为圆形和方形。它是通过按动键帽，使开关触头接通或断开，从而达到实现电路切换的目的。按键开关按其动作分，主要有轻触式按键开关和推拉式按键开关等。国产按键开关主要型号有 KAQ××、KAD××、KJJ××等。



3. 波动开关的外形及特点

波动开关（见右图）常用于一般电气设备电源电路及电路切换的场合，主要特点是嵌卡式安装，操作方便。国产波动开关主要有 KND××等。



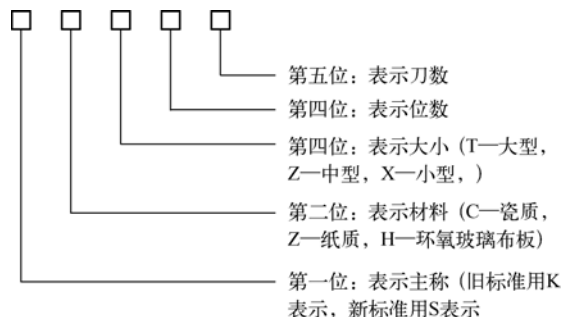
4. 旋转式开关的外形及特点

旋转式开关（见右图）主要有旋转式波段转换开关和旋转式功能转换开关两种。旋转式波段转换开关主要用于视听设备上，如收音机；旋转式功能转换开关主要用于仪器仪表等电子设备电路的切换，主要特点是极数、位数多种组合，安装方便，如万用表的挡位开关。旋转式开关采用切入式咬合接触结构或者是采用套入式跳步结构，有胶质板和高频瓷质板两种。





旋转式波段转换开关的型号一般由五部分组成，命名方法如右图所示。



旋转式波段转换开关命名示例如右图所示。

KCT-2W2D: 大型瓷质2刀2位波段转换开关

K	C	T	2W	2D
波段 开关	瓷质	大型	2位	2刀

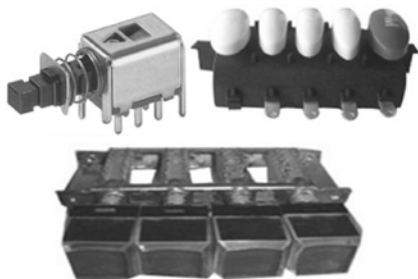
旋转式波段转换开关的主要参数参见表 8.2。

表 8.2 旋转式波段转换开关的主要参数

名 称	型号	额定电压 (V)	额定电 流 (A)	接触电阻 ( $\Omega$ )	绝缘电阻 ( $M\Omega$ )	寿命 (次)	结 构 特 点
小型胶质板波段转换开关	KZX KZX—1	250 0.	05	$\leq 0.02$	$\geq 1000$	10000	用螺钉安装
							用轴套安装
中型胶质板波段转换开关	KZZ 300		0.3				采用切入式咬合接 触结构，绝缘板采用 胶质板
大型胶质板波段转换开关	KZT 300		0.3				
中型瓷质板波段转换开关	KCZ 300		0.3				采用切入式咬合接 触结构，绝缘板采用 瓷质板
大型瓷质板波段转换开关	KCT 300		0.3				

### 5. 琴键开关的外形及特点

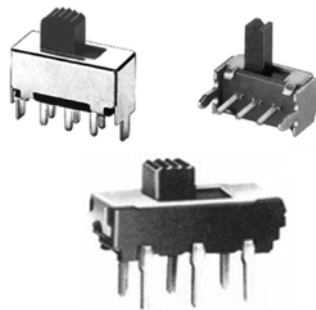
琴键开关（见右图）常用于仪器、仪表及各种电子设备多极电路转换的场合，主要特点是每只开关可有 2 极、4 极、8 极，可多只组合或采用自锁、互锁、无锁等多种形式。锁定是指按下开关键后位置即被固定，复位需另按复位键或其他键。它的组成形式有带指示灯、带电源开关和不带灯（电源开关）等数种。



### 6. 滑动开关（拨动开关）的外形及特点

滑动开关（见右图）主要用于收音机、录音机等小电器及普及型仪器仪表中，一般用在电路状态转换和低压电源控制等场合。主要特点是结构简单，成本低。

滑动开关常用品种有 1 极 2 位、1 极 3 位、2 极 2 位、2 极 3 位、4 极 3 位、4 极 4 位、10 极 3 位、4 极 10 位等。常见国产拨动开关的型号有 KB $\times$ ，KBB $\times\times$ ，KHB $\times\times\times$ 等。



### 7. 轻触开关的外形及特点

轻触开关（见右图）主要用于键盘等数字化设备面板的控制，主要特点是体积小，质量轻，可靠性好，寿命长。



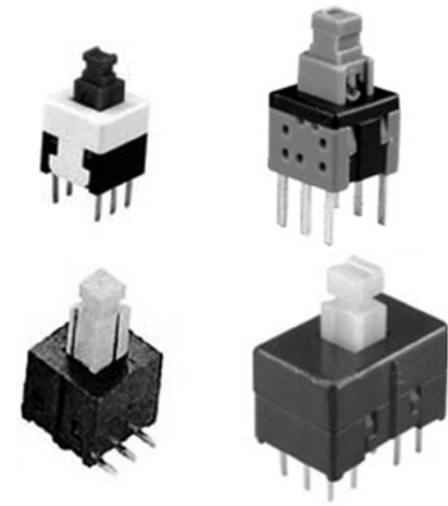
### 8. 拨码开关的外形及特点

拨码开关（见右图）主要用于不经常动作的数字电路转换，主要特点是体积小，安装方便，可靠性高。



### 9. 微型按键开关的外形及特点

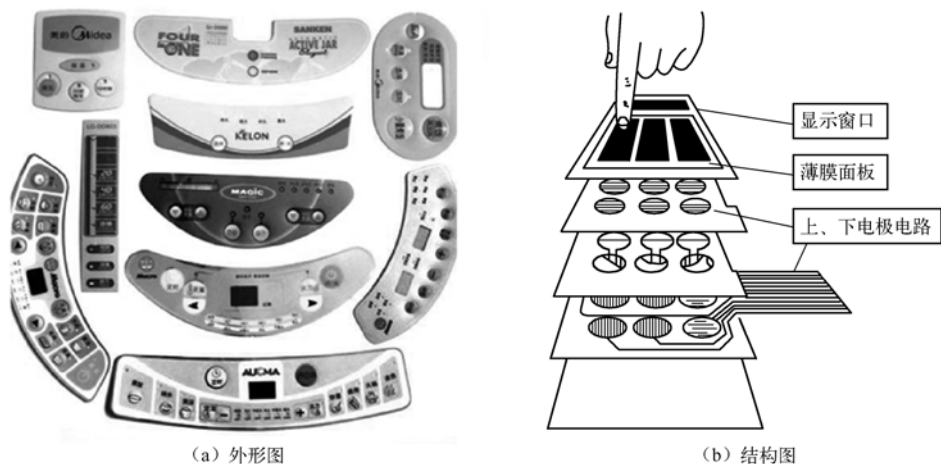
微型按键开关（见右图）常用于微型仪器仪表及电器的电路转换，主要特点是体积小，质量轻，按动操作方便，手感舒适，成本低等。





### 10. 薄膜开关的外形及特点

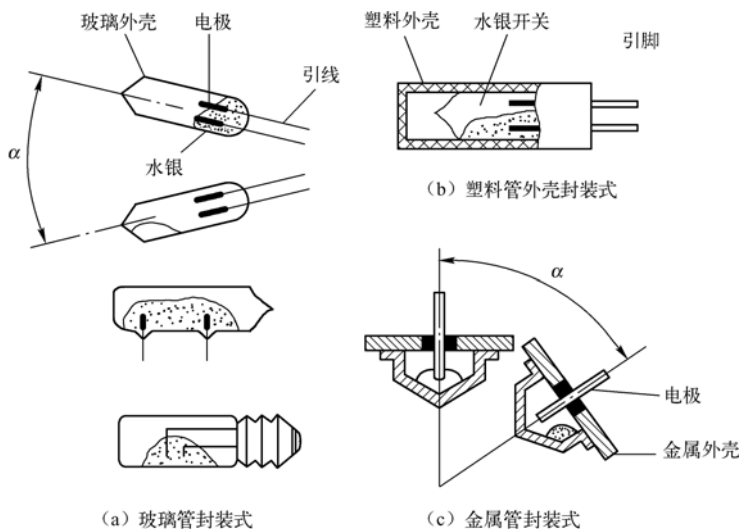
薄膜开关（见下图）用于各种仪器仪表、各种微机控制及电器的控制面板上，是近年来国际流行的一种集装饰与功能为一体的新型开关。其主要特点是体积小，质量轻，寿命长，外观美，面板开关、指示一体化并可密封。

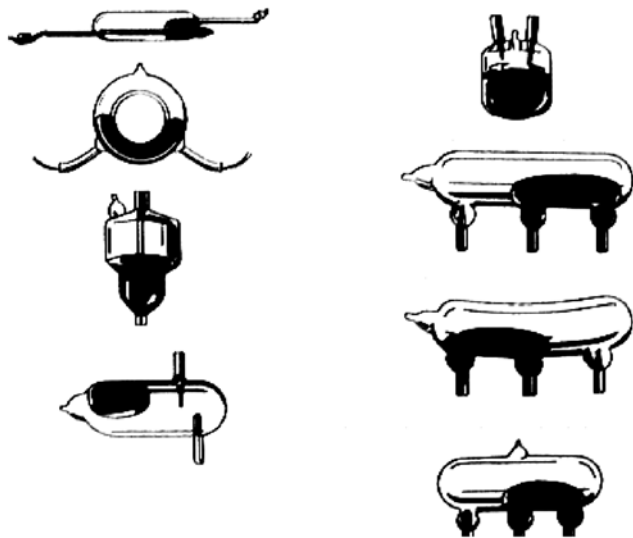


薄膜开关按其材料不同，可分为软性（R）薄膜开关和硬性（Y）薄膜开关两种；按面板类型不同，可分为平面型薄膜开关和凹面型薄膜开关；按操作感受可分为触觉有感式薄膜开关和无感式薄膜开关。

### 11. 水银开关的外形及特点

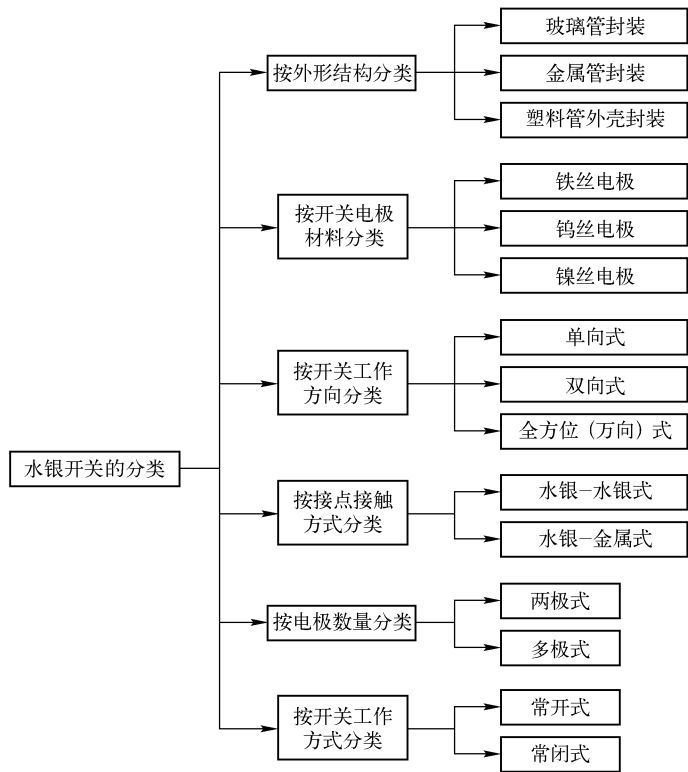
水银开关（见下图）是在玻璃管或金属管内装入规定数量的水银，再引出电极密封而成的。下图（a）所示为玻璃壳封装的水银开关，也是使用最多的一种形式，这种水银开关倾斜一个工作角度时，两个电极通过水银便可进行开关的通、断动作。玻璃管式封装水银开关的优点是可以从外部观察到它的工作状态，缺点是容易破碎。下图（b）是金属外壳水银开关，金属外壳本身就是一个电极。下图（c）是几种水银开关的实物图。





(d) 实物图

水银开关的分类如下图所示。



### 8.1.2 开关的主要技术指标

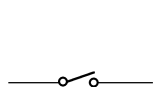
开关的主要技术指标参见表 8.3。

表 8.3 开关的主要技术指标

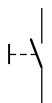
技 术 指 标	解 说
额定电压	电路在正常工作状态下, 开关断开时动、静触点可以承受的最大电压称为开关的额定电压, 对交流开关则指交流电压的有效值
额定电流	电路正常工作时开关所允许通过的最大电流, 称为开关的额定电流, 在交流电路中指交流电的有效值
接触电阻	开关接通时, 相通的两个接点之间的电阻值, 称为开关的接触电阻。此值越小越好, 一般开关接触电阻应小于 $20\text{m}\Omega$
绝缘电阻	开关不相接触的各导电部分之间的电阻值, 称为开关的绝缘电阻。此值越大越好, 一般开关绝缘电阻在 $100\text{M}\Omega$ 以上
耐压	耐压也称抗电强度, 指开关不相接触的导体之间所能承受的最大电压值。一般开关耐压大于 $100\text{V}$ , 对电源开关而言, 耐压要求不小于 $500\text{V}$
工作寿命	开关在正常工作条件下的有效工作次数, 称为开关的工作寿命。一般开关为 $5000\sim 10000$ 次, 要求较高的开关可达 $5\times 10^4\sim 5\times 10^5$ 次

### 8.1.3 开关的电路符号

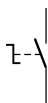
开关在电路原理图中通常用字母“S”或“K”表示, 其图形符号如下图所示。



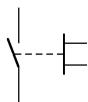
(a) 单刀单掷开关



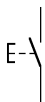
(b) 手动开关



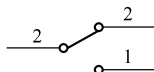
(c) 旋转开关



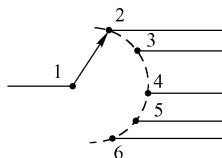
(d) 拉拔开关



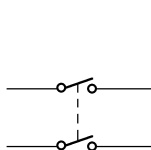
(e) 按钮开关



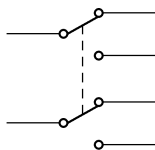
(f) 单刀双掷开关



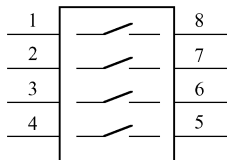
(g) 单刀多掷开关



(h) 双刀单掷开关



(i) 双刀双掷开关



(j) 四位拨码开关

### 8.1.4 开关的检测

开关的检测主要是检测开关接触电阻和绝缘电阻是否符合规定要求。

当开关接通时, 用万用表欧姆挡测量相通的两个接点引脚之间的电阻值, 此值越小越好, 一般开关接触电阻应小于  $20\text{m}\Omega$ , 测量结果基本上为零。如果测得的电阻值不为零, 而是有一定电阻值或为无穷大, 说明开关已损坏, 不能再使用。

开关不相接触的各导电部分之间的电阻值应越大越好, 用万用表欧姆挡测量, 显示电阻值基本上为无穷大, 如果测量结果为零或有一定阻值, 则说明开关已短路损坏。

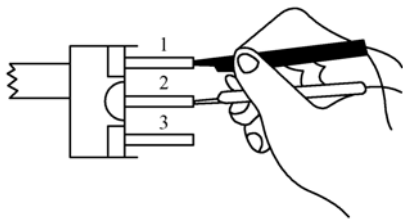
当开关断开时, 导电部分应充分断开, 用万用表欧姆挡测量断开导电部分电阻值, 阻

值应为无穷大；否则，说明开关已损坏。

以一刀两位（单刀双掷）开关为例。将万用表欧姆挡置于最小量程或采用蜂鸣器挡，把一表笔与刀连接（如右图中的 2 脚），另一表笔分别与两个位相连接（如右图中的 1 脚、2 脚），此时开关若处于接通位置，万用表指示阻值应为  $0\Omega$ （或蜂鸣报警），表明接触良好；

当开关处于断开位置时，万用表指示阻值应为  $\infty$ （或蜂鸣器不响），表明开关正常。若开关处于接通位置而万用表指示有阻值或  $\infty$ ，则开关刀与位之间接触不良，或未接通；若开关处于关闭位置时，万用表指示接通，表明开关已损坏。

对于多刀多位开关，每个刀与位之间的接触都要按上述检测方法进行检查。



## 8.2 连接器

连接器是电子产品中用于电气连接的一类器件，使用十分广泛。习惯上把连接器称为插插件。电子设备中采用连接器是提高效率、容易装配、方便调试、便于维修的普通工艺。

### 8.2.1 连接器的分类

连接器的种类较多，常用以下几种分类方法。

#### 1. 圆形连接器

圆形连接器（见右图）俗称航空插头、插座，主要有插接式和螺接式两大类。插接式常用于插拔较频繁、连接点数少的电路连接。螺接式有一个标准的旋转锁紧机构，在多接点和插拔力较大的情况下连接较方便，抗振性能极好，容易满足防水密封以及电场屏蔽等特殊要求，常用于不需经常插拔的电路连接。这类连接器接点数量从两个到近几百个不等，额定电流可从 1A 到数百安，工作电流均在 300~500V 之间。



#### 2. 矩形连接器

矩形连接器（见右图）采用矩形排列，能充分利用空间位置，广泛应用于各种电子设备的机内互连。当带有外壳或锁紧装置时，也可用于机外的电缆连接。



### 3. 印制板连接器

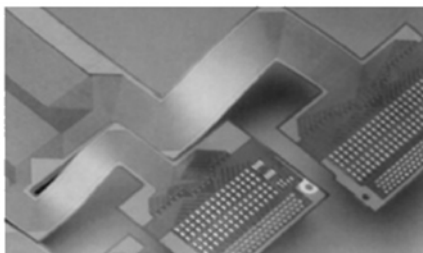
印制板连接器（见右图）的结构形式有直接型、绕接型、间接型等。

#### 1) 直接型

直接型印制板连接器是将连接器焊接在一块电路板上，另一块电路板直接插入连接器与前一块电路板相连，如计算机上的声卡就是通过直接型连接器与主板相连的。

#### 2) 间接型

间接型印制板连接器是通过插头插座中间加导线将印制板连接起来的。



### 4. D 形连接器

D 形连接器（见右图）具有非对称定位和连接锁紧机构，可靠性高，定位准确，广泛用于各种电子产品的机内和机外连接。



### 5. 带状电缆连接器

带状电缆连接器（见右图）常用于数字信号的传输。



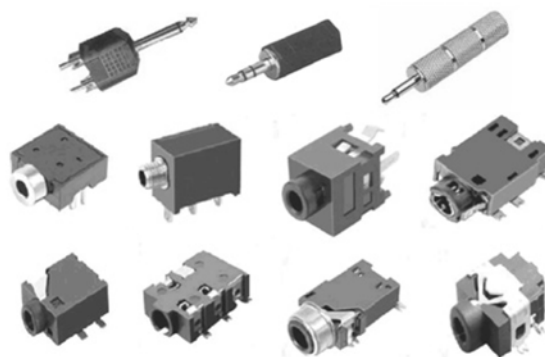
## 6. 条形连接器

条形连接器（见右图）又称电路板接插件，主要用于印制电路板与导线的连接，为防止插错方向，这种连接器常采用非对称设计（即插头只能从一个方向和位置插入插座），广泛应用于电子产品中。

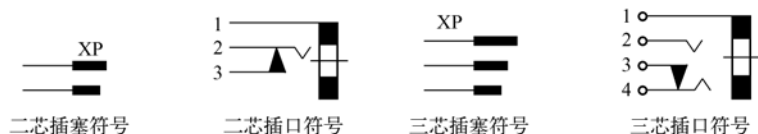


## 7. AV 连接器

AV 连接器（见下图）也称音视频连接器或视听设备连接器，用于各种音响设备中，如常用的 CD 机、电视机、DVD 等以及多媒体等部件的连接。



(a) 外形



(b) 符号

(1) 音频连接器常用于音频设备信号的传输，一般使用屏蔽线与插头连接。

国产小型插头插座的型号主要有 CKX2—2 (2.5mm 两芯插座)，CSX2—2.5 (2.5mm 两芯插头)，CKX2—3.5/CSX2—3.5 (3.5mm 两芯插座插头)，CKX3—3.5/CSX3—3.5 (3.5mm 三芯插座插头) 等。通常外接电压插头插座可选 3.5mm 的品种；外接耳机或其他信号接口

可用 2.5mm 或 3.5mm 插头插座，体积小巧的装置应选用 2.5mm 的插座插头。

(2) 直流电源连接器（见下图）常用于小型电器产品直流电源的连接。



(3) 同心连接器（见下图）也称莲花插头座，常用于音响及视频设备中传输音/视频信号，使用时一般用屏蔽线与插头座连接，芯线接插头座中心接点。



(4) 射频同轴连接器（见下图）又称射频转接器，用于射频信号传输和通信、网络等数字信号的传输，与专用射频同轴电缆连接。其中卡口式插头座也用于示波器、信号发生器等脉冲信号的传输。从结构形式上分有双通形式和三通形式（T 形）。另外，还有不同阻抗的连接（阻抗变换器）等。



## 8. 电源插头、插座

电源插头、插座一般是配套使用的。按接线数量分为二线、三线和多线电源插头、插座，如下图所示。部分电源插头、插座型号及特性参数参见表 8.4。



(a) 二线



(b) 三线



(c) 多线

931L—B



931L—C



931L—D



931L—E



(d) 部分型号



表 8.4 部分电源插头、插座型号及特性参数

名称	型号	额定电压	额定电流 (A)	接触电阻 ( $\Omega$ )	绝缘电阻 (M $\Omega$ )	试验电 压 (V)	拔出力 (kgf)	寿命 (次)	结构特点
二线电源 插头、插 座	CTD—2 CZD—2	DC350 AC250	2000	$\leq 0.01$	$\geq 1000$		1.5~5	5000	由胶木或金 属件组成
	CTY—2 CZY—2	250 V				1000	0.2~1.8	1000	由塑料和金 属件组成, 附有接地插 脚
三线电源 插头、插 座	CTD—3 CZD—3	DC350 AC250	5 2000				1.5~5	5000	
四线电源 插头、插 座	CTY—4 CZY—4	250 V				1000	0.4~2.2	1000	

## 8.2.2 连接器的检测

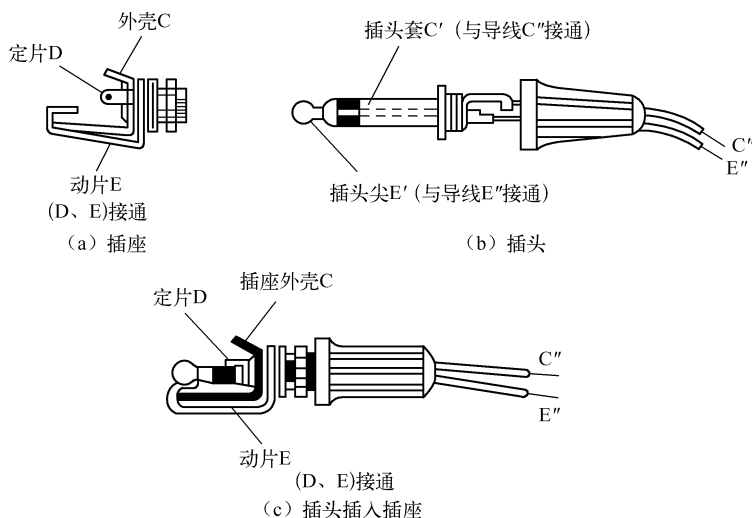
对连接器的主要检测方法是直观检查和用万用表检测。

直观检查是指用肉眼查看有无断线和引线相碰故障,该方法适用于插头外壳可以旋开进行检查的接插件。

用万用表检测是通过万用表的欧姆挡检查接触对的断开电阻和接触电阻。接触对的断开电阻值均应为 $\infty$ ,若断开电阻值为零,说明有短路情况,应检查是何处短路。

### 1. 双芯插座和插头的检测

双芯插座和插头的构造如下图所示,它能起到开关的作用。当插头未插入插座时,定片 D 与动片 E 接通;插头插入后,动片 E 与定片 D 断开。这时,动片 E 与插头尖 E' 接通,外壳 C 与插头套管 C' 接通。

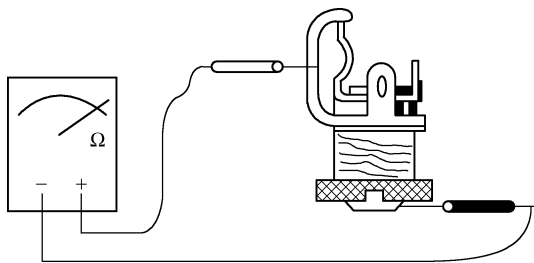


首先通过观察,看其簧片是否变形、氧化;焊片是否折断。若发现变形应予以矫正。

将万用表置于  $R \times 10 \Omega$  挡,检测内外簧片之间、座体焊片与其他簧片之间是否有漏电。若有漏电,万用表指针将指示很小的电阻或为“ $0 \Omega$ ”,有漏电的插座不宜常用。正常情况下,万用表指针指示的阻值应为“ $\infty$ ”。

检测插座绝缘电阻的方法如右图所示。

接触对的接触电阻值均应小于  $0.5\Omega$ ；若大于  $0.5\Omega$ ，说明存在接触不良故障。当连接器出现接触不良故障时，对于非密封型插接件可用砂纸打磨触点，也可用尖嘴钳修整插座的簧片弧度，使其接触良好。对于密封型的插头、插座，一般无法进行修理，只能进行更换。



## 2. 连接线的检测

某些连接线的插孔、插口较小，万用表的表笔不宜进行接触测量，可将测量用万用表的表笔稍微作改动。其方法是：把一个小号鳄鱼夹套在表笔上，并加绝缘套，用鳄鱼夹的夹头夹着一根小号钢针（缝衣针即可）。这样做的探针，接触点较小，但在测量时一定要操作稳当，以防触碰到其他引脚而导致短路。



(a) 鳄鱼夹套在表笔上



(b) 加绝缘套



(c) 探针检测

# 电-声换能器件的识别与检测

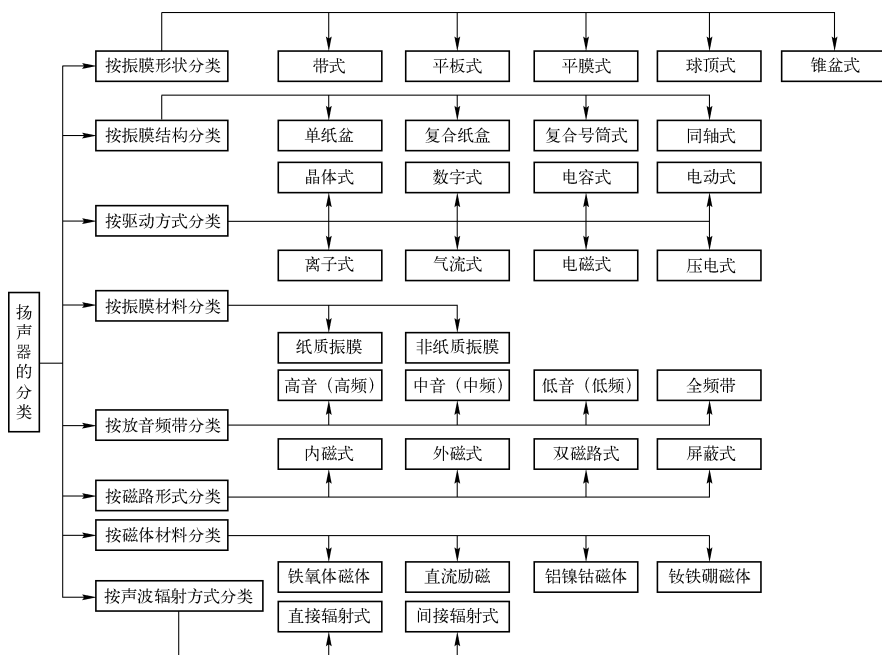
电-声换能器件是指能将声音信号转换为音频信号，或者能将音频信号转换为声音信号的器件。电-声换能器件在影音、音/视频产品中的应用十分广泛，尤其对音频设备来说，电声换能器件是非常重要的组成部分。电-声换能器件是利用电磁感应、静电感应或压电效应等来完成电-声转换的，主要有扬声器、蜂鸣器、压电陶瓷片及传声器等。

## 9.1 扬声器

扬声器俗称喇叭，是一种能够将电信号转换为声音信号的电-声器件，是音响系统中的重要器材。作为将电能转换为声能的电-声换能器件之一，扬声器的品质、特性，对整个音响系统的音质起着决定性的作用。

### 9.1.1 扬声器的分类

扬声器的分类如下图所示。



扬声器的种类很多，按其换能原理可分为电动式（即动圈式）、静电式（即电容式）、电磁式（即舌簧式）、压电式（即晶体式）等几种，后两种多用于农村有线广播网中；按频率范围可分为低频扬声器、中频扬声器、高频扬声器，这些常在音箱中作为组合扬声器使用；按振膜形状分，主要有锥形、平板形、球顶形、带状形、薄片形等；按发声频率分，可分为低音扬声器、中音扬声器、高音扬声器、全频带扬声器等。



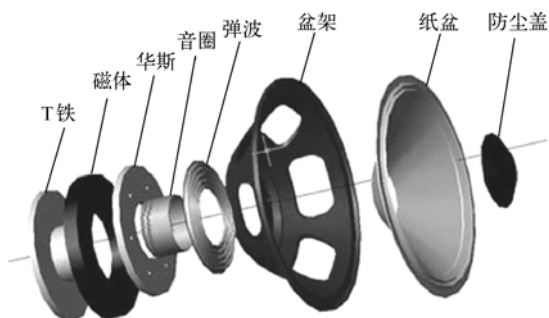
### 1. 电动式扬声器

电动式扬声器（见右图）应用最广泛，它又分为纸盆式、号筒式和球顶形三种。

#### 1) 纸盆式扬声器

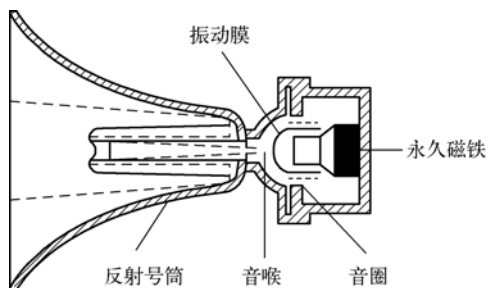
纸盆式扬声器又称为动圈式扬声器。

如右图所示，它由三部分组成：① 振动系统，包括锥形纸盆、音圈和定心支片等；② 磁路系统，包括磁体、华斯和 T 铁等；③ 辅助系统，包括盆架、接线板、压边和防尘盖等。当处于磁场中的音圈有音频电流通过时，就产生随音频电流变化的磁场，这一磁场和永久磁铁的磁场发生相互作用，使音圈轴向振动，该扬声器结构简单、低音丰满、音质柔和、频带宽，但效率较低。



#### 2) 号筒式扬声器

号筒式扬声器（见右图）由振动系统（高音头）和号筒两部分构成。振动系统与纸盆扬声器相似，不同的是它的振膜不是纸盆，而是一球顶形膜片。振膜的振动通过号筒（经过两次反射）向空气中辐射声波。



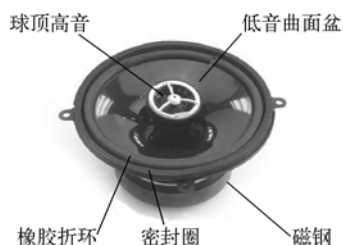
号筒式扬声器具有方向性强，功率大，效率高的优点，因此广泛用于会场、田间、广阔的原野等场合，如右图所示。专业高频号筒扬声器有音质好、频率响应好的特点，该类型扬声器主要用于剧场等要求较高的场合。号筒式扬声器的不足之处是低频响应差、频带较窄，容易产生非线性失真。号筒式扬声器与纸盆电动式扬声器的主要区别是间接辐射，即振动膜振动后，声音要经过号筒向外扩散，使声音大为增强，而且使声音



向一个方向集中传播,使声音传播的距离更远。

### 3) 球顶形扬声器

右图所示是球顶形扬声器的结构。



球顶形扬声器是目前音箱中使用最广泛的电动式扬声器之一,它最大优点是中高频响应优异和指向性较宽。此外,它还具有瞬态特性好、失真小和音质较好等优点,适用于目前市场上所有的家庭影院系列音箱(见右图)。



## 2. 电磁式扬声器

电磁式扬声器(见右图)又称舌簧式扬声器,声源信号电流通过音圈后会把用软铁材料制成的舌簧磁化,磁化了的舌簧与磁体相互吸引或排斥,产生驱动力,使振膜振动而发音。电磁式扬声器的阻抗高,灵敏度和效率较高,但音质较差,目前已较少采用。



## 3. 静电式扬声器

静电式扬声器(见右图)是极薄的振膜在静电力的作用下作前后移动的,它和依靠电磁力来使振膜作前后移动的电动式扬声器是不相同的。静电扬声器的振膜质量极轻,因而解析力极佳,能捕捉音乐信号中细微的变化,充分表现音乐的神韵。



4. 压电式扬声器

压电扬声器（见右图）是利用压电材料受到电场作用发生形变的原理，将压电元件置于音频电流信号形成的电场中，使其发生位移，从而产生逆电压效应，最后驱动振膜发声。常见压电式扬声器外形如右图所示。



扬声器在电路原理图中常用文字符号“B”或“BL”表示。  
扬声器的几种分类方法参见表 9.1。

表 9.1 扬声器的几种分类方法

分 类 方 法	类 型	分 类 方 法	类 型
频率	高音	音膜材料	纸盆
	中音		橡皮边
	低音		布边
	宽频		泡沫边
	（全频域）		聚丙烯
外形	圆形	磁铁	永磁（内磁）
	椭圆形		恒磁（外磁）
	超薄型		励磁
	号筒形		铁氧体
音膜形状	锥盆	驱动方式	电动
	球顶		压电
	带式		电磁
	平板		电容
	平膜		晶体
音膜结构	单纸盆		离子
	复合纸盆		数字
	复合号筒		气动
	同轴式		

9.1.2 扬声器的主要性能指标和特征

扬声器的主要性能指标和特征参见表 9.2。

表 9.2 扬声器的主要性能指标和特征

性能指标和特征	解 说
额定功率	扬声器的功率有标称功率和最大功率之分。标称功率是指额定功率、不失真功率，它是扬声器在额定不失真范围内容许的最大输入功率，在扬声器的商标、技术说明书上标注的功率即为标称功率值。最大功率是指扬声器在某一瞬间所能承受的峰值功率。为保证扬声器工作的可靠性，要求扬声器的最大功率为标称功率的 2~3 倍
额定阻抗	扬声器的阻抗一般和频率有关。额定阻抗是指音频为 400Hz 时，从扬声器输入端测得的阻抗。额定阻抗一般是音圈直流电阻的 1.2~1.5 倍。一般动圈式扬声器常见的额定阻抗有 4Ω、8Ω、16Ω、32Ω 等
频率响应	给一只扬声器加上相同电压、不同频率的音频信号时，其产生的声压将会产生变化。一般中音频时产生的声压较大，而低音频和高音频时产生的声压较小。当声压下降为中音频的某一数值时的高、低音频率范围称为该扬声器的频率响应特性。 理想的扬声器频率特性应为 20Hz~20kHz，这样就能把全部音频均匀地重放出来，然而这是难以实现的，每一只扬声器只能较好地重放音频的某一部分
失真	扬声器不能把原来的声音逼真地重放出来的现象称为失真。失真有两种：频率失真和非线性失真。频率失真是由于对某些频率的信号放音较强，而对另一些频率的信号放音较弱造成的，失真破坏了原来高、低音响度的比例，改变了原声音色。而非线性失真这是由于扬声器振动系统的振动和信号的波动不够完全一致造成的，在输出的声波中增加了新的频率成分
指向特性	指向特征用来表征扬声器在空间各方向辐射的声压分布特性，频率越高，指向性越窄；纸盆越大，指向性越强
灵敏度	灵敏度是衡量扬声器重放音频信号的细节指标。扬声器的灵敏度通常是指当输入功率为 1W 的噪声电压时，在扬声器轴向正面 1m 处所测得的声压大小，故灵敏度又称声压级。灵敏度越高，则扬声器对音频信号中细节作出的响应越好。灵敏度反映了扬声器电-声转换效率的高低
扬声器的基本特征	(1) 扬声器有两个接线柱（两根引线），当单只扬声器使用时两根引脚不分正、负极性，多只扬声器同时使用时两个引脚有极性之分。 (2) 扬声器有一个纸盆，它的颜色通常为黑色，也有白色。 (3) 扬声器的外形有圆形和椭圆形两大类。 (4) 扬声器纸盆背面是磁铁，外磁式扬声器用金属螺丝刀去接触磁铁时会感觉到磁性的存在；内磁式扬声器中没有这种感觉，但是外壳内部确有磁铁。 (5) 扬声器装在机器面板上或音箱内

### 9.1.3 电-声器件的型号命名

#### 一、电-声器件型号命名方法

电-声器件型号命名一般由四部分组成，如右图所示。  
各部分代表符号的含义参见表 9.3~表 9.5。

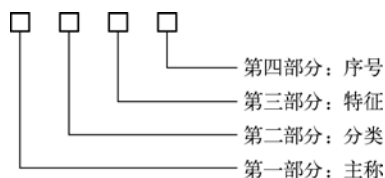


表 9.3 电-声器件型号中主称部分的代表符号及含义

主 称	代 表 符 号	主 称	代 表 符 号
扬声器	Y	声柱（扬声器）	YZ
传声器	C	号筒式组合扬声器	HZ
耳机	E	耳机传声器组	EC
送话器	O	扬声器系统	YX
受话器	S	复合扬声器	TF
送话器组	N	送受话器（组）	OS

续表

主 称	代 表 符 号	主 称	代 表 符 号
两用换能器	H	通信帽	TM

表 9.4 电声器件型号中分类部分的代表符号及含义

分 类	代 表 符 号	分 类	代 表 符 号
电磁式	C	压电式	Y
动圈式（电动式）	D	电容式（静电式）	R
带式	A	驻极体式	Z
等电动式（平膜音圈式）	E	碳粒式	T

表 9.5 电声器件型号中特征部分的代表符号及含义

特征 1	代 表 符 号	特征 2	代 表 符 号
号筒式	H	高频	G
椭圆式	T	中频	Z
球顶式	Q	低频	D
接触式	J	立体性	L
气导式	I	抗噪声	K
耳塞式	S	测试用	C
耳挂式	G	飞行用	F
听诊式	Z	坦克用	T
头戴式	D	舰艇用	J
手提式	C	炮兵用	P

二、扬声器型号的命名方法

国产扬声器的型号命名由三部分组成，如右图所示，各组成部分的含义参见表 9.6。

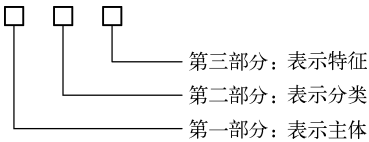


表 9.6 国产扬声器型号命名各组成部分的含义

第一部分：主体			第二部分：分类			第三部分：特征		
名称	简称	符号	名称	简称	符号	名称	简称	符号
扬声器	扬	Y	电磁式	磁	C	号筒式	号	H
			电动式（动圈式）	动	D	椭圆式	椭	T
音柱	扬柱	YZ	压电式	压	Y	球顶式	球	Q
			静电式、电容式	容	R	薄形	薄	B
扬声器系统	扬系	YX	驻极体式	驻	Z	高频	高	G
			等电动式	等	E	立体声	立	L
扬声器音箱	扬箱	YA	气流式	气	Q	中音	中	Z

9.1.4 扬声器的检测

一、扬声器常见故障及检测

1. 扬声器的常见故障

（1）开路故障：引线断开（见下图）导致两根引脚之间的电阻为无穷大，在电路中表



现为无声，扬声器中没有任何响声。

(2) 纸盆破裂故障：直接观察可以发现这一故障（见右图），发生这种故障的扬声器只能更换。

(3) 音质差故障：这是扬声器的软故障，通常不能发现明显的故障特征，只是声音不悦耳，出现这种故障的扬声器只能更换。

## 2. 扬声器的检测

业余条件下对扬声器的检测只能采用试听检查法和万用表检测法（见右图）。

试听检查法是将扬声器接在功率放大器的输出端，通过听声音来判断其质量好坏。

采用万用表检测扬声器的方法如下：用  $R \times 1\Omega$  挡测量扬声器两引脚之间的直流电阻，正常时应比铭牌上的扬声器阻抗略小。设扬声器直流电阻为  $R_0$ ，则其阻抗为  $1.25R_0$ 。例如，标称阻值为  $8\Omega$  的扬声器，实际测量的电阻正常为  $7\Omega$  左右。若测量阻值为无穷大，或远大于它的标称阻值，则说明扬声器已经损坏。

经验：

(1) 听“喀喇喀喇”响声：测量直流电阻时，将一支表笔固定，另一支表笔断续接触引脚，应能听到扬声器发出“喀喇喀喇”响声，响声越大越好，无此响声说明扬声器音圈被卡死或音圈损坏。

(2) 直观检查：检查扬声器有无纸盆破裂的现象。

(3) 检查磁性：用螺丝刀去试磁铁的磁性，吸引力越强越好。

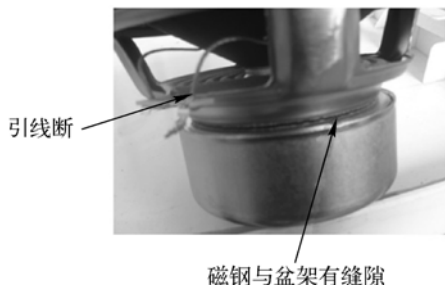
## 二、扬声器相位、极性的判别

扬声器相位是指扬声器在串联、并联使用时正极、负极的接法。当使用两只以上的扬声器时，要设法保证流过扬声器的音频电流方向的一致性，这样才能使扬声器的纸盆振动方向保持一致，不至于使空气振动的能量被抵消，避免降低放音效果。串联使用时，一只扬声器的正极接另一只扬声器的负极，依次地连接起来；并联使用时，各只扬声器的正极与正极相连，负极与负极相连，这就达到了同相位的要求。

确定扬声器的正负极性的方法如下。

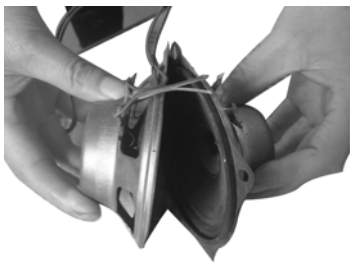
### 1. 直接法

一些扬声器背面的接线支架上已经用“+”、“-”符号标出两根引线的正、负极性，可以直接识别出来，如右图所示。



## 2. 视听法

扬声器引脚极性的判别可以采用视听判别法。将两只扬声器两根引脚任意并联起来，接在功率放大器输出端，给两只扬声器馈入电信号，两只扬声器同时发出声音。然后将两只扬声器口对口接近（见右图），如果声音越来越小，说明两只扬声器反极性并联，即一只扬声器的正极与另一只扬声器的负极相并联。



上述识别方法的原理是：两只扬声器反极并联时，一只扬声器的纸盆向里运动，另一只扬声器的纸盆向外运动，这时两只扬声器口与口之间的声压减小，所以声音低。因此当两只扬声器相互接近后，两只扬声器口与口之间的声压更小，所以声音更低。

## 3. 电流法

利用万用表的直流电流挡识别出扬声器引脚极性的办法如下：将万用表置于最小的直流电流挡（微安挡），两支表笔任意接扬声器的两只引脚，用手指轻轻而快速将纸盆向里推动（见右图），此时表针有一个向左或向右的偏转。当表针向右偏转时（如果向左偏转，将红、黑表笔互相反接一次），红表笔所接的引脚为正极，黑表笔所接的引脚为负极。用同样的方法检测其他扬声器，这样各扬声器的引脚极性就一致了。



上述方法能够识别扬声器引脚极性的原理是：按下纸盆时，由于音圈有了移动，音圈切割永久磁铁产生的磁场在音圈两端产生感应电动势，这一电动势虽然很小，但是万用表处于量程很小的电流挡，电动势产生的电流流过万用表，表针偏转。由于表针偏转方向与红、黑表笔接音圈的头还是尾有关，这样可以确定扬声器引脚的极性。

### 注意：

判别扬声器引脚极性的过程中要注意以下两点。

（1）直接观察扬声器背面引线架时，对于同一厂家生产的扬声器，它的正、负引脚极性规定是一致的；对于不同厂家生产的扬声器，则不能保证一致，最好用其他方法加以识别。

（2）采用万用表识别高音扬声器引脚极性的过程中，由于高音扬声器的音圈匝数较少，表针偏转角度小，不容易看出来，此时快速按下纸盆，可使表针偏转角度大些。按下纸盆时要小心，切不可损坏纸盆。

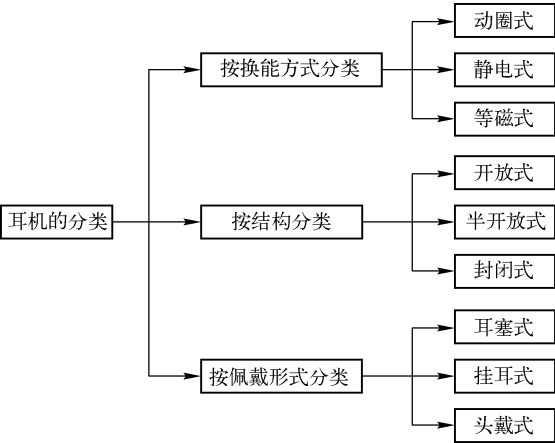
## 9.2 耳机

耳机也是将电信号转换为声音信号的电-声器件，主要应用于收音机、放音机、CD机、MP3/MP4、手机等电子设备中，用来代替扬声器作放声用。耳机具有使用方便、体积

小、成本低、制造简单、效率高等优点，应用十分广泛。

9.2.1 耳机的分类

耳机的分类如下图所示。



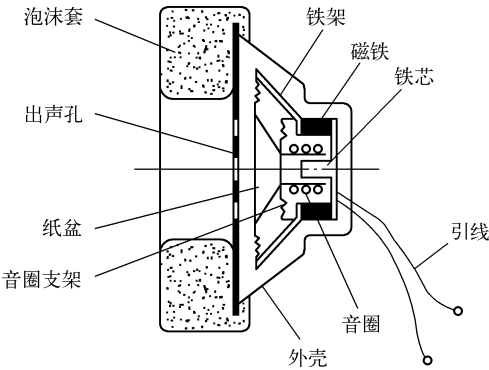
常见耳机的分类参见表 9.7。

表 9.7 常见耳机的分类

按换能原理		按结构形式		按驱动方式	按传导方式
电 磁 式		耳 塞 式		全面驱动	骨导式 (接触式)
电动式	动圈式	耳挂式			
	等电动式	手柄式			
静电式	电容式	听诊室			
	驻极体式	帽盔式			
压电式	压电陶瓷	头戴式	贴耳式		
	压电高聚物		耳罩式		

1. 动圈式

右图是动圈式耳机的基本结构图。

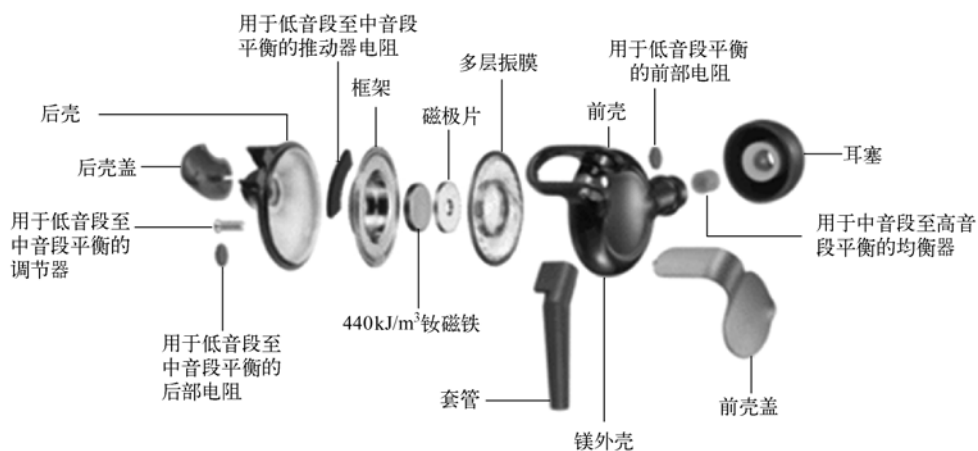


动圈式耳机（见右图）是最普通、最常见的耳机，它的驱动单元基本上就是一只小型的动圈扬声器，由处于永磁场中的音圈驱动与之相连的振膜振动。动圈式耳机效率比较高，大多可为音响上的耳机输出所驱动，且可靠耐用。



## 2. 等磁式

下图所示是等磁式耳机的结构。



等磁式耳机（见右图）的驱动器类似于缩小的平面扬声器，它将平面的音圈嵌入轻薄的振膜里，像印制电路板一样，可以使驱动力平均分布。磁体集中在振膜的一侧或两侧（推挽式），振膜在其形成的磁场中振动。

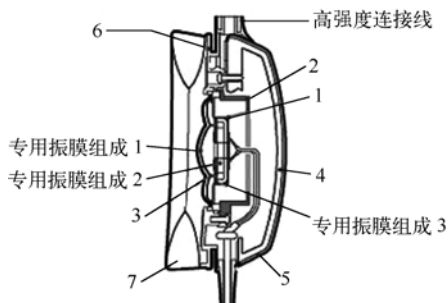


等磁体耳机（见右图）振膜没有静电耳机振膜那样轻，但有同样大的振动面积和相近的音质。



### 3. 静电式

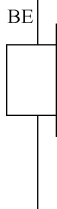
静电式耳机有轻而薄的振膜，由高直流电压极化，极化所需的电能由交流电转换而得，也有采用电池供电的静电式耳机。振膜悬挂在由两块固定的金属板（定子）形成的静电场中，当音频信号加载到定子上时，静电场发生变化，驱动振膜振动，如右图所示。单定子也是可以驱动振膜的，但双定子的推挽形式失真更小。



静电式耳机（见右图）必须使用特殊的放大器将音频信号转换为数百伏的电压信号，用变压器连接到功率放大器的输出端也可以驱动静电耳机。静电耳机成本较高，不易驱动，所能到达的声压级也没有动圈式耳机大，但它的反应速度快，能够重放各种微小的细节，失真极低。



耳机和扬声器一样都是把电信号转换成声音的换能元件。在电路原理图中耳机的文字符号是“B”或“BE”，电路符号如右图所示。



#### 9.2.2 耳机的型号命名和参数

国产耳机的型号命名由三部分组成，如右图所示，各组成部分的含义参见表 9.8。



表 9.8 国产耳机型号命名各组成部分的含义

第一部分：主称		第二部分：分类		第三部分：特征	
主 称	符 号	分 类	符 号	特 征	特 征
E	耳机	D	动圈	L	立体声
		C	电磁	S	耳塞
		E	等电动式	I	气导
		P	平膜音圈	J	接触
		Z	驻极体	G	耳机
		Y	压电式	Z	听诊器
				D	头戴式
				C	手持式

耳机的主要参数参见表 9.9。

表 9.9 耳机的主要参数

主 要 参 数	解 说
额定阻抗	耳机的额定阻抗是其交流阻抗的简称，是线圈直流电阻与线圈的感抗之和。 民用耳机和专业耳机的阻抗一般都在 $100\Omega$ 以下，有些专业耳机的阻抗在 $200\Omega$ 以上，这是为了在一台功放推动多只耳机时减小功放的负荷。驱动阻抗高的耳机需要的功率更大。 常见耳机的额定阻抗有 $4\Omega$ 、 $5\Omega$ 、 $6\Omega$ 、 $8\Omega$ 、 $16\Omega$ 、 $20\Omega$ 、 $25\Omega$ 、 $32\Omega$ 、 $35\Omega$ 、 $37\Omega$ 、 $40\Omega$ 、 $50\Omega$ 、 $55\Omega$ 、 $125\Omega$ 、 $150\Omega$ 、 $200\Omega$ 、 $250\Omega$ 、 $300\Omega$ 、 $600\Omega$ 、 $640\Omega$ 、 $1k\Omega$ 、 $1.5k\Omega$ 、 $2k\Omega$ 等多种规格
灵敏度	平时所说的耳机灵敏度实际上是耳机的灵敏度级，它是施加于耳机上 $1mW$ 的电功率时，耳机所产生的耦合于仿真耳（假人头）中的声压级， $1mW$ 的功率是以频率 $1000Hz$ 时耳机的标准阻抗为依据计算的。灵敏度的单位是 $dB/mW$ ，另一个不常用的单位是 $dB/V_{rms}$ ，即 $1V_{rms}$ 电压施于耳机时所产生的声压级。灵敏度高意味着达到一定的声压级所需功率较小，现在动圈式耳机的灵敏度一般都在 $90dB/mW$ 以上，随身听用耳机的灵敏度在 $100dB/mW$ 左右或更高
失真	耳机的失真一般很小，在最大承受功率时其总谐波失真（THD）不大于 $1\%$ ，基本是不可闻的，较扬声器的失真小得多
频率响应	灵敏度在不同的频率有不同的数值，这就是频率响应，将灵敏度对频率的依赖关系用曲线表示出来，便称为频率响应曲线。 人耳的听觉范围是 $20\sim 20000Hz$ ，超出这个范围的声音绝大多数人是听不到的，耳机能够重放的频带是相当宽的，优秀的耳机已经可以达到 $5\sim 40000Hz$
扩散场均衡	耳机的均衡方式有两种：自由场均衡和扩散场均衡，自由场均衡假设环境是没有反射的，如旷野；扩散场均衡则模拟一个有反射的房间，它的听感比自由场均衡要自然。但扩散场均衡是以标准的头部形状和房间模型为模型的，它不会令所有使用者满意，也不适合一些录音，如假人头录音

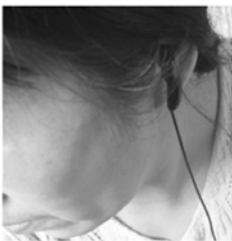
### 9.2.3 耳机的检测

#### 1. 单声道耳机的检测

检测单声道耳机时，将万用表转换开关置于  $R\times 10\Omega$  挡或  $R\times 100\Omega$  挡，两支表笔分别断续接耳机引线插头的地线和芯线，如右图所示。此时，若能听到耳机发出“喀喀”声，则表明耳机良好。如果表笔断续触碰耳机输出端引线时，听不到“喀喀”声，则表明耳机不能使用。如果对两副或两副以上耳机同时进行同种方法的检测，声音较大者，灵敏度较高，在检测中如果出现失真的声音，表明有音圈不正或音膜损坏变形的故障。



检测的同时，用耳听声音。



#### 2. 双声道耳机的检测

检测双声道耳机时，将万用表转换开关置于  $R\times 1\Omega$  挡，测量耳机音圈的直流电阻。将万用表的一支表笔接触插头的公共端（地线），另一支表笔分别接触耳机插头的两个芯线，如右图所示。其阻值均应小于  $32\Omega$ ，因为立体声耳机的交流阻抗为  $32\Omega$ ，而直流电阻总比交流阻抗低，一般双声道耳机的直流阻值为  $20\sim 30\Omega$ 。若测得的阻值过小或超过  $32\Omega$  很多，说明耳机有故障。在测量的同时，若能听到左、右声道耳机发出“喀喀”声，则表明耳机良好；否则，表明左声道或右声道或左、右两声道有故障。



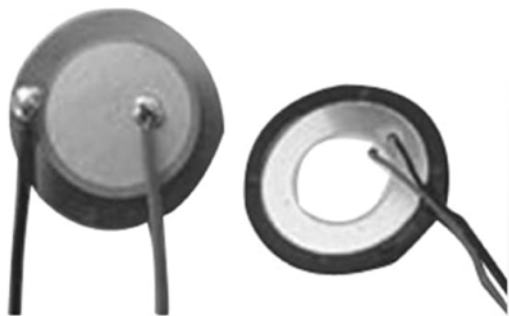


## 9.3 压电蜂鸣片、蜂鸣器

### 9.3.1 压电蜂鸣片、蜂鸣器的分类

#### 1. 压电蜂鸣片的外形结构

压电蜂鸣片（见右图）由压电陶瓷片和金属振动片黏合而成，因此又被称为“压电陶瓷片”，主要应用于电话机、手机、定时器及玩具等电子产品中。

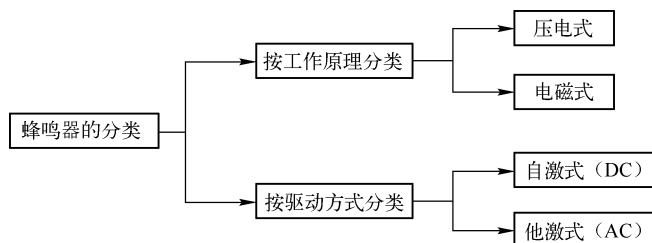


#### 2. 蜂鸣器的分类、结构及外形

蜂鸣器是一种一体化结构的电子讯响器，采用直流电压供电，它将线圈置于由永久磁铁、铁芯、高磁导率的小铁片及振动膜组成的磁回路中，通电时，小铁片与振动膜受磁场的吸引会向铁芯靠近，线圈接收振动信号则会生成交替的磁场，继而将电能转换为声能。

蜂鸣器通常采用直流电压供电，广泛应用于计算机、打印机、复印机、报警器、电子玩具、汽车电子设备、电话机、定时器等电子产品中。

蜂鸣器的分类如下图所示。



##### 1) 压电式蜂鸣器

压电式蜂鸣器（见右图）主要由多谐振荡器、压电蜂鸣片、阻抗匹配器、共鸣箱及外壳等组成。有的压电式蜂鸣器外壳上还装有发光二极管。

多谐振荡器由晶体管或集成电路构成。当接通电源后（1.5~15V 直流工作电压），多谐振荡器启振，输出 1.5~2.5kHz 的音频信号，阻抗匹配器驱动压电蜂鸣片发声。

压电蜂鸣片由锆钛酸铅或铌镁酸铅压电陶瓷材料制成。在陶瓷片的两面镀上银电极，经极化处理后，再与黄铜片或不锈钢片粘在一起。

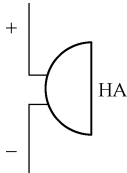


2) 电磁式蜂鸣器

电磁式蜂鸣器由振荡器、电磁线圈、磁铁、振动膜片及外壳等组成。接通电源后，振荡器产生的音频信号电流通过电磁线圈，使电磁线圈产生磁场。振动膜片在电磁线圈和磁铁的相互作用下，周期性地振动发声。常见的蜂鸣器外形如右图所示。



蜂鸣器在电路中用字母“H”或“HA”（旧标准用“FM”、“LB”、“JD”等）表示。蜂鸣器在电路原理图中的电路符号如右图所示。



3. 部分蜂鸣器的参数

部分蜂鸣器的参数参见表 9.10。

表 9.10 部分蜂鸣器的参数

型号 \ 参数	频率范围 (Hz)	声压 (dB) 在 10cm 处	额定电压 (V)
YMD—12095 ( I ) 2300	±300	≥87 l.	5~12
YMD—12095 ( II ) 2300	±300	≥87 l.	5~12
YMD—12075	3700	≥87 l.	5~12
YX 2048		≥85	3
DBX 2048		≥85	3
FF20—6.6BT 6600	±1000		
FF35—2.9BG 2900	±500		

9.3.2 YYS12 系列音乐声蜂鸣器

YYS12 系列音乐声蜂鸣器为微型电磁式有源蜂鸣器，只要接通直流电源，便会发出清晰、响亮、节奏分明的各种音乐声及声响。其主要技术特性参数参见表 9.11，可演奏的曲名参见表 9.12。

表 9.11 YYS12 系列音乐声蜂鸣器的主要技术特性参数

额定电压 (V,DC)	电压范围 (V,DC)	电流 (mA)	声压电平 (dB)	谐振频率 (Hz)	引脚形式	外形尺寸 (mm)	
						D	H
3	2.5~3	≤45	≥85 2000	+200	软引线或插针	12 8	



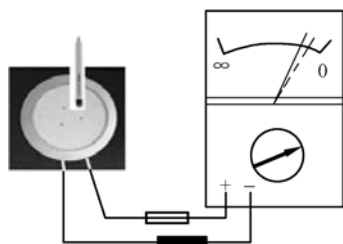
表 9.12 YYS12 系列音乐声蜂鸣器曲名

型 号	曲 名	型 号	曲 名	型 号	曲 名
1504	小小世界	15402	红罐子	31119	青蛙声
1505B	铃儿响叮当	15517	泰坦尼克号	31121	鸟叫声
1505C	铃儿响叮当	3101T	生日快乐	11115	电话声
1506	致爱丽丝	3105B	铃儿响叮当	09X	生日快乐
1508	圣诞三首	3104	小小世界	09M3710	报警声
1530	平安夜	3106	致爱丽丝	09M1140	连续/间断
1537	圣诞快乐/平安夜	3173	伦布达	08L01S	生日快乐
1545	甜蜜家庭	3174	美国国歌	08L02S	小星闪烁
1546	圣诞三首（西班牙）	3179	爱情故事	08L04	小小世界
1573	兰巴达（人生嘉年华）	31247	电话声	08L06	致爱丽丝
1579	爱情故事	31258	伦敦桥	08L32A	十五的月亮
15348	报警声	31274A	球歌 98	08L33	济公传
08L34	伦敦桥	08L81	兰花草	08L124	蝉叫声
08L45	甜蜜家庭	08L83	金蛇狂舞	08L125	Di- Di（一次）
08L49	运动员进行曲	08L84	春江花月夜	08L126	Di- Di（二次）
08L54	血染的风采	08L92	渴望	08L201	东方红
08L58	印度曲	08L99	王小二过年	08L025	可口可乐歌
08L61	天仙配	08L111	蜜蜂声	08L217	星河颂
08L68	亚洲雄风	08L119	青蛙声	08L296	义勇军进行曲
08L71	世上只有妈妈好	08L121	鸟叫声	08L274	球歌

### 9.3.3 压电蜂鸣片、蜂鸣器的检测

#### 1. 压电蜂鸣片的检测

如右图所示，将压电蜂鸣片平放在桌子上，在压电蜂鸣片的两极引出两根引线，两根引线分别与万用表（数字式、指针式皆可）的两表笔相接，将万用表置于最小电流挡，然后用铅笔橡皮头轻按压电蜂鸣片，若指针式万用表指针明显偏转（数字式万用表有显示），则表明压电蜂鸣片完好；否则，表明已损坏。

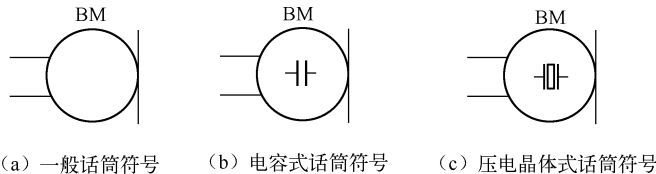


#### 2. 蜂鸣器的检测

用万用表的  $R \times 1\Omega$  挡检测蜂鸣器的阻值时，正常的蜂鸣器就会发出轻微“咯咯”的声音，并在表头上显示出直流电阻值（通常为  $16\Omega$  左右）；若无“咯咯”响声且电阻值为无穷大，则表明蜂鸣器开路损坏。自激式（DC）的蜂鸣器可以加直流电来判断其好坏，加直流电后若正常发声，表明蜂鸣器是好的，否则表明已损坏；他激式（AC）蜂鸣器可以加方波信号来判断好坏。

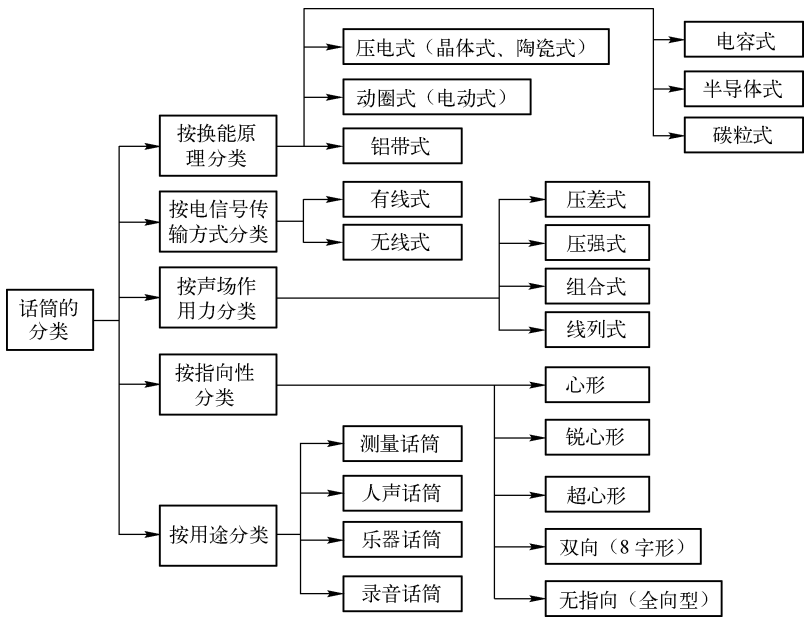
9.4 话筒

话筒又称传声器、麦克风、微音器，是一种能够将声音信号转换为电信号的声-电转换器件。在电路原理图中，话筒常用字母“B”或“BM”表示，电路符号如下图所示。



9.4.1 话筒的分类、特点及外形

话筒的分类如下图所示。



动圈式话筒音质较好，但体积较大；驻极体话筒体积小巧，成本低廉，在电话、手机等设备中使用广泛。话筒的分类形式较多，常见的几种分类形式参见表 9.13。

表 9.13 常见话筒的几种分类形式

按换能方式分类	动圈式	按声场作用力分类	压强式
	压电晶体式		压差式
	驻极体		组合式
	电容式		线列式
	碳粒式		抛物线式
	压电陶瓷式		反射镜式
	带式		

续表

按指向性分类	全向式	按外形结构分类	手持式
	单向心式		领夹式
	单向超指向		头戴式
	单向超心形		鹅颈式
	双向式		平面式
	可变指向式		

1. 动圈式话筒

动圈式话筒（见右图）又称电动式话筒，优点是使用可靠方便，噪声小，机械性能好，寿命长，成本低，无须直流工作电压，使用简便；缺点是灵敏度稍低，频率响应较差。



2. 电容式话筒

电容式话筒（见右图）的电-声转换性能较好，频率范围宽，灵敏度高，噪声小，失真小，瞬时响应速度快，体积小，质量轻，最适合作为无线话筒；缺点是工作稳定性不够好，低频段灵敏度随着使用时间的增加而下降，寿命比较短，工作时需要直流电源。



3. 压电式话筒

压电式话筒（见右图）又称晶体式或陶瓷式话筒，优点是灵敏度高，结构简单，成本低，使用方便，但易损坏。



4. 驻极体话筒

驻极体话筒（见右图）属于最常用的电容式话筒。它具有体积小、结构简单、电-声转换性能好、成本低等优点，广泛用于电话、手机、盒式录音机、无线话筒及声控等电路中。缺点是音质较差、噪声大。



5. 碳粒式话筒

碳粒式话筒（见右图）是依靠碳粒间的接触电阻变化而工作的，具有灵敏度高、结构简单、成本低、输出功率大等优点，但频率特性较差，噪声大。



6. 铝带式话筒

铝带式话筒（见右图）是动圈式话筒的一种。铝带式话筒与动圈式话筒的主要区别在于它用一个很薄的金属片代替了后者所使用的振膜和线圈。它主要是通过金属片自身根据声压变化而发生的振动，来带动磁场中电流的变化，从而最终产生声音信号的。铝带式话筒频率响应范围宽，音质好，瞬时响应速度快，但成本较高，常用于专业录音。



9.4.2 话筒的型号命名

国产话筒的型号命名组成如右图所示，各组成部分的含义参见表 9.14。

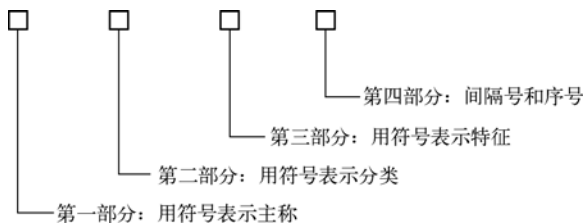


表 9.14 国产话筒型号命名各组成部分的含义

第一部分：主称		第二部分：分类		第三部分：特征	
含 义	符 号	含 义	符 号	含 义	符 号
传声器	C	电动	D	手持	C
送话器	O	电容	R	头戴	D
受话器	S	压电	Y	立体声	L
两用换能器	H	驻极体	Z	抗干扰	K
		碳粒	T	驻极体	Z

9.4.3 话筒的主要技术指标

话筒的主要技术指标参见表 9.15。

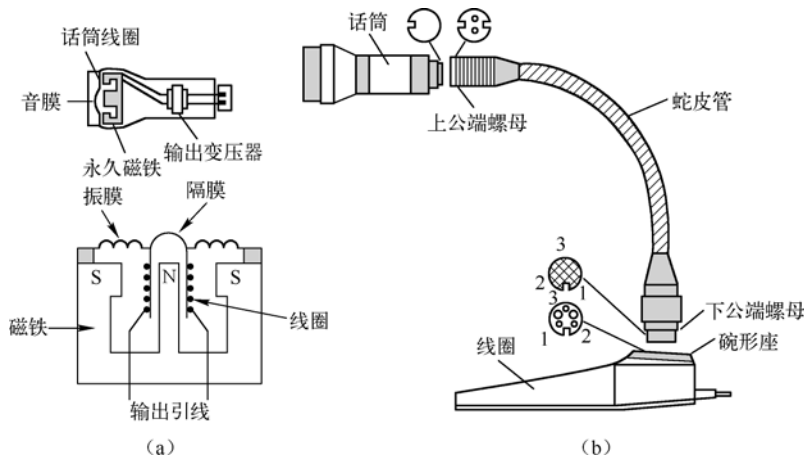
表 9.15 话筒的主要技术指标

技术指标	解 说
灵敏度	灵敏度是表示话筒电-声转换能力的一个指标,是指单位声压作用下能产生音频信号电压的大小。灵敏度越高,相同大小声音输出的音频信号越强。在实际使用中,通常说明书中都给出灵敏度的大小
频率响应	话筒的灵敏度与频率有关,不同频率的话筒,其灵敏度不一定相同,这种反映灵敏度随频率变化的特性就称为传声器的频率响应或频率特性。通常采用灵敏度与频率之间的关系曲线即话筒的频率曲线来表示。如果话筒的频率特性好,则还原出来的音频信号失真就小
输出阻抗	输出阻抗是话筒与其负载(如调音台等)的配接问题。要求负载阻抗比话筒的输出阻抗大得多。一般话筒输出阻抗在 $1\text{k}\Omega$ 以下为低阻抗, $20\text{k}\Omega$ 以上为高阻抗
固有噪声	在理想情况下,当作用于话筒上的声压为零时,话筒的输出电压应为零。实际上外界没有声音时,话筒仍有一定的输出电压,此电压称为噪声电压。话筒的固有噪声越大,工作时输出信号中混杂的噪声越多
指向性	指向性又称方向性,是话筒传声器对不同方向入射的声波的响应特性。话筒的指向性有单指向性、双指向性和全指向性三种。单指向性的话筒对正前方的声波最灵敏;双指向性的话筒对前后方声波的响应灵敏度高于其他方向;全指向性的话筒对所有方向声波的响应灵敏度一样高

#### 9.4.4 话筒的检测

##### 1. 动圈式话筒的检测

动圈式话筒的结构如下图所示。



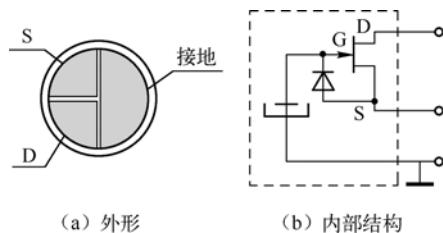
动圈式话筒可通过检测线圈电阻值的大小来确定话筒的好坏。检测时将万用表置于欧姆挡的较小挡位,测量话筒两接线端之间的电阻值。

如果话筒正常,测量阻值应在几十欧到几千欧之间,同时测量过程中话筒有轻微的“嚓嚓”声;如果测量阻值为零,说明话筒线圈短路;如果阻值为无穷大,说明话筒线圈断路。

##### 2. 驻极体话筒的检测

###### 1) 驻极体话筒极性的判别

驻极体电容式话筒的外形及其内部结构如右图所示。



驻极体话筒由声-电转换系统和场效应管两部分组成。它的电路接法有两种：源极输出和漏极输出。源极输出有三根引出线，漏极 D 接电源正极，源极 S 经电阻接地，再经电容作信号输出；漏极输出有两根引出线，漏极 D 经电阻接至电源正极，再经电容作信号输出，源极 S 直接接地。所以，在使用驻极体话筒之前，首先要对其进行极性的判别。

在场效应管的栅极与源极之间接有一只二极管，因而可利用二极管的正、反向电阻特性来判别驻极体话筒的漏极 D 和源极 S。

将指针万用表置于  $R \times 1k$  挡，黑表笔接任意一极，红表笔接另一极。再对调两表笔测量，比较两次测量的结果，阻值较小时，黑表笔接的是源极，红表笔接的是漏极。

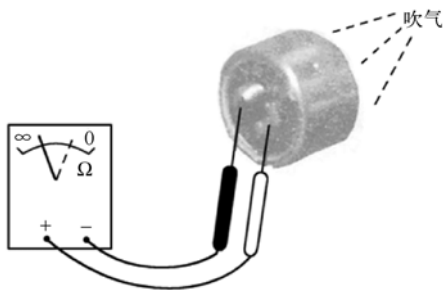
## 2) 好坏检测

### (1) 方法一。

检测驻极体话筒好坏时，将指针式万用表置于  $R \times 1k$  挡，测量话筒两电极之间的正、反向电阻值，正常测得阻值应一大一小。如果测得阻值正、反向阻值均为零，则说明话筒内部短路；如果测得正、反向电阻值均为无穷大，则说明话筒内部的场效应管断路；如果测得正、反向电阻值相等，则说明内部场效应管 G-S 极间二极管断路。

### (2) 方法二。

如右图所示，将指针式万用表置于  $R \times 1k$  挡，黑表笔接 D 极，红表笔接 S 极，正常时，阻值应为  $1k\Omega$  左右。此时对准话筒吹气，万用表的指针若在  $500\Omega \sim 3k\Omega$  范围内摆动，则说明话筒正常。表针摆动幅度越大，则灵敏度越高，若只有轻微摆动，则表明话筒灵敏度低。若表针只有轻微摆动或根本不摆动，则说明被测话筒不能继续使用。



### (3) 方法三。

在线检测法，即用万用表测量 D 极、S 极两极直流电压，该电压为电源电压的  $1/3 \sim 1/2$ ，若测量结果偏差较大，则表明话筒有故障。

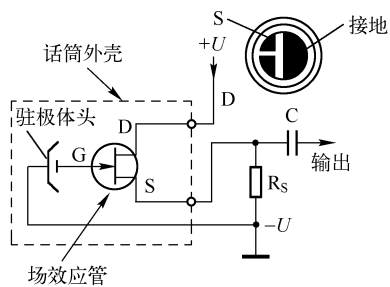
话筒的一般故障如下：

- ① 两条引线有一条已断。
- ② 插头与导线连接已断。
- ③ 动圈式话筒的线圈断线。
- ④ 两条引线当中，与音量控制器连接的引线已断。
- ⑤ 插头与插孔接触不良。

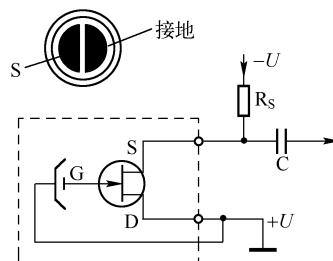
总之，从话筒内部引出的两条导线只要不断线，话筒一般不会有故障。

## 3. 驻极体话筒的四种接法

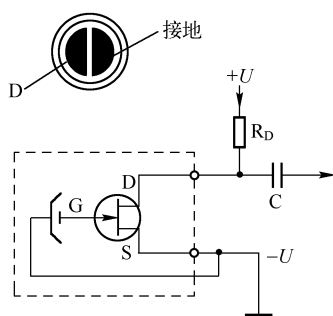
通常机内型驻极体话筒共有四种连接形式，对应的话筒引出线端有三端式和二端式两种。下图中的源极电阻  $R_S$  常取  $2.2k\Omega$ ，漏极电阻  $R_D$  常取  $1 \sim 2.7k\Omega$ 。



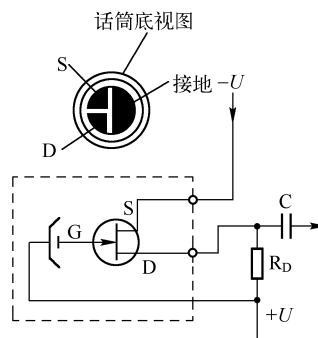
(a) 负接地, S 极输出



(b) 正接地, S 极输出



(c) 负接地, D 极输出



(d) 正接地, D 极输出

## LED 显示器件的识别与检测

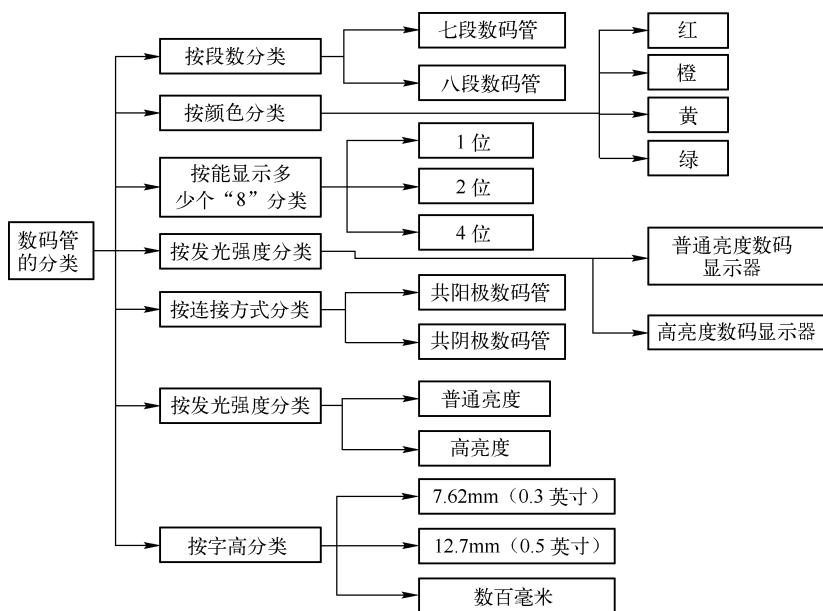
发光显示器是由多个发光二极管芯片组合而成的结构型器件，它通过发光二极管芯片的适当连接和合适的光学结构，可构成发光显示器的发光段和发光点，由这些发光段和发光点组成各种发光显示器，如数码管、符号管、“米字”管、矩阵管、电平显示器、平面显示器（面发光显示器）、多位显示器和专用显示器，一般把数码管、符号管、“米字”管、矩阵管统称为字符显示器；数码管、符号管、“米字”管又称为笔画显示器。常用的 LED 显示器件一般有两类，包括数码管和点阵。

## 10.1 数码管

数码管是目前常用的显示器件之一。数码管是以发光二极管作为显示笔段，按照共阴极或者共阳极方式连接而成的。有时为了方便使用，可将多个数字字符封装在一起组成多位数码管。

## 10.1.1 数码管的分类

数码管的分类如下图所示。





常见数码管的外形结构如右图所示。



### 10.1.2 数码管的型号命名

国产 LED 数码管的型号命名由四部分组成，如下图所示。各组成部分的含义参见表 10.1。

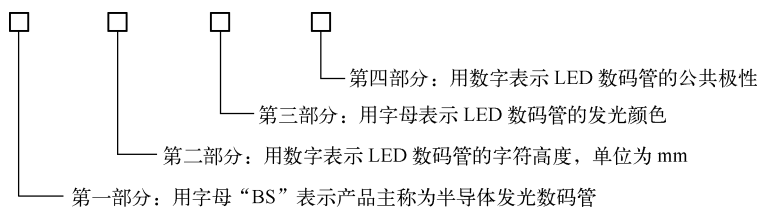


表 10.1 国产数码管型号命名各组成部分的含义

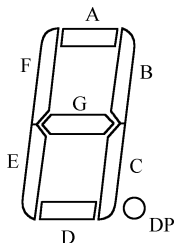
第一部分：主称		第二部分：字符高度	第三部分：发光颜色		第四部分：公共极性	
字母	含义	用数字表示数码管的字符高度，单位是 mm	字母	含义	数字	含义
BS	半导体发光数码管		R	红		
			G	绿	1	共阳极
			OR	橙红	2	共阴极

例如，BS12.7—1 表示字符高度为 12.7mm 的红色共阳极半导体发光数码管。

注意：各公司生产的数码管型号命名不完全相同。

### 10.1.3 数码管的内部连接方式

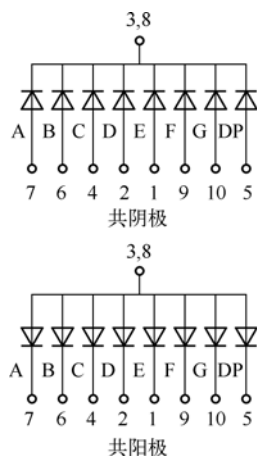
数码管的 7 个笔段电极分别为 A 极~G 极（有些资料中为小写字母）、DP（小数点），如右图所示。这八段发光管分别称为 a、b、c、d、e、f、g 和 dp，通过八个发光段的不同组合，可以显示 0~9（十进制）和 0~15（十六进制），从而实现整数和小数的显示。



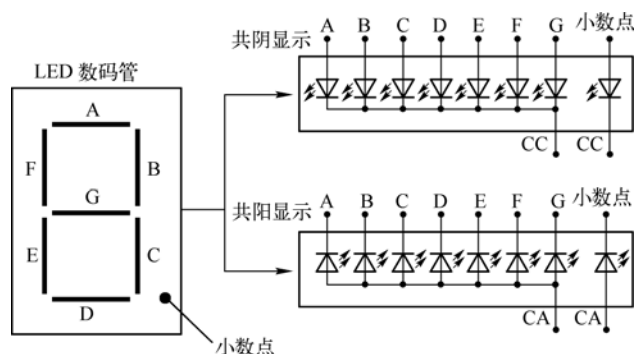
数码管内部发光二极管有共阴极和共阳极两种连接方式。

共阳极数码管是指将所有发光二极管的阳极接到一起，形成公共阳极（COM）的数码管。共阳极数码管在应用时应将公共极 COM 接到+5V，当某一字段发光二极管的阴极为低电平时，相应字段就点亮。例如，当段 a、b、g、c、d 接低电平，而其他段输入高电平时，则显示数字“3”。

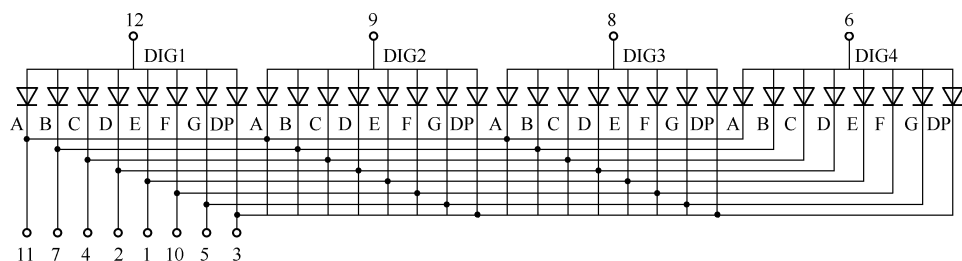
当某一字段的阴极为高电平时，相应字段就不亮。共阴极数码管是指将所有发光二极管的阴极接到一起形成公共阴极（COM）的数码管。共阴极数码管在应用时应将公共极 COM 接到地线 GND 上，当某一字段发光二极管的阳极为高电平时，相应字段就点亮。当某一字段的阳极为低电平时，相应字段就不亮。例如，当段 a、b、g、c、d 输入高电平，而其他段输入低电平时，则显示数字“3”。



常用数码管的内部结构如下图所示。



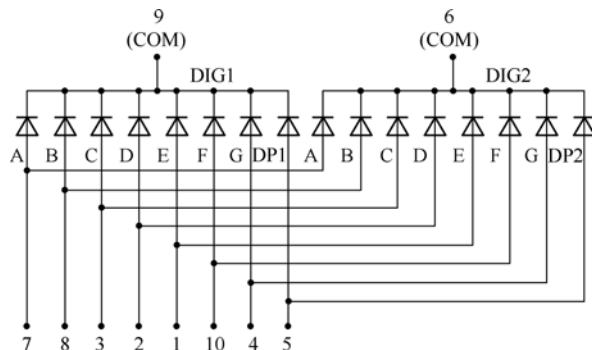
常用四位数码管的引脚排列如下图所示。



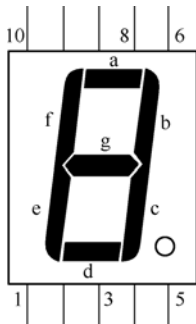
引脚顺序：从数码管的正面观看，以第一脚为起点，引脚的顺序是逆时针方向排列。

12-9-8-6→公共脚 A-11 B-7 C-4 D-2 E-1 F-10 G-5 DP-3

常用两位数码管的引脚排列如右图所示。



数码管上数字分别由 a、b、c、d、e、f、g 七段笔画组成，DP 为小数点段，各笔画段引线引脚排列采取双列，在数码正置俯视时，左下角为第一脚，按逆时针依次确定其余各脚，如右图所示。



### 10.1.4 数码管的主要参数

主要参数	解 说
8 字高度	8 字上沿与下沿的距离通常用英寸来表示。范围一般为 0.25~20 英寸
长×宽×高	长为数码管正放时水平方向的长度；宽为数码管正放时垂直方向上的长度；高为数码管的厚度
时钟点	四位数码管中，第二位 8 与第三位 8 字中间的两个点。一般用于显示时钟中的秒
数码管使用的电流与电压	<p>(1) 电流：静态时，推荐使用 10~15mA；动态扫描时，平均电流为 4~5mA，峰值电流为 50~60mA。</p> <p>(2) 电压：查引脚排列图，查看一下每段的芯片数量。当红色时，以 1.9V 乘以每段的芯片串联的个数即为数码管电压；当绿色时，以 2.1V 乘以每段的芯片串联的个数即为数码管电压</p>

### 10.1.5 数码管的检测

#### 1. 指针式万用表检测 LED 数码管

如右图所示，首先准备电源（3~5V）和 1 个一千欧至几百千欧的电阻， $V_{CC}$  串接一个电阻后与 GND 接在任意两个引脚上，组合形式有很多，但总有一个 LED 会发光的，找到一个就够了，然后 GND 不动， $V_{CC}$ （串电阻）逐个碰剩下的引脚，如果有多个 LED（一般是 8 个），那么所测二极管就是共阴极二极管。相反， $V_{CC}$  不动，GND 逐个碰剩下的引脚，如果有多个 LED（一般是 8 个），那么所测二极管就是共阳极二极管。



准备 3~5V 电源， $V_{CC}$  串接一个电阻。



电阻一端与负极接在任意两个引脚上，总有一个 LED 会发光。



数码管的测试同普通半导体二极管的测试一样。注意：指针式万用表应置于  $R \times 10k$  挡，因为  $R \times 1k$  挡测不出数码管的正、反向电阻值。对于共阴极数码管，红表笔接数码管的“-”，黑表笔分别接其他各引脚。测共阳极的数码管时，黑表笔接数码管的  $V_{DD}$ ，红表笔接其他各引脚，如右图所示。

对于不明型号和不知引脚排列的数码管，用第一种方法找到共用点，用第二种方法检测出各笔段 a~g、DP、H 等。



正向电阻为 1.8 kΩ



反向电阻为无穷大

## 2. 数字式万用表检测 LED 数码管

将数字式万用表置于二极管挡时，其开路电压为+2.8V。用二极管挡检测 LED 数码管各引脚之间是否导通，可以识别该数码管是共阴极型还是共阳极型，并可判别各引脚所对应的笔段有无损坏。

### 1) 检测已知引脚排列的 LED 数码管

将数字式万用表置于二极管挡，黑表笔与数码管的公共点（LED 的共阴极）相接，然后用红表笔依次去触碰数码管的其他引脚，触到哪个引脚，哪个笔段就应发光。若触到某个引脚时，所对应的笔段不发光，则说明该笔段已经损坏，如右图所示。



### 2) 检测引脚排列不明的 LED 数码管

有些市售 LED 数码管不注明型号，也不提供引脚排列图。遇到这种情况，可使用数字式万用表方便地检测出数码管的结构类型、引脚排列及全笔段发光性能。

将数字式万用表置于二极管挡，红表笔接在一个引脚上，然后用黑表笔分别接触其他各引脚，当接触到某一引脚时，数码管的其中一个笔段发光，而接触其余引脚时却不发光。由此可知，被测数码管是共阴极类型，数码管其中一个笔段发光时黑表笔所接的是公共阴极。将黑表笔接公共阴极，红表笔分别接触其他各引脚，观察相应的发光笔段情况，可检测出引脚排列及各笔段的发光性能。



检测中，若被测数码管为共阳极类型，则只有将红、黑表笔对调才能测出上述结果。特别是在判别结构类型时，操作时要灵活掌握，反复试验，直到找出公共电极为止。

#### 注意：

大多数 LED 数码管的小数点是在内部与公共电极连通的。但是，有少数产品的小数点是在数码管内部独立存在的，测试时要注意正确区分。

### 3) 用 $h_{FE}$ 挡检测

利用数字式万用表的  $h_{FE}$  挡，能检查 LED 数码管的发光情况。若使用 NPN 插孔，则是 C 孔带正电，E 孔带负电。检查共阴极 LED 数码管时，从 E 孔插入一根单股细导线，导线

引出端接公共“-”极；再从 C 孔引出一根导线依次接触各笔段电极，可分别显示所对应的笔段。若检查共阳极 LED 数码管时，从 C 孔插入一根单股细导线，导线引出端接公共“+”极；再从 E 孔引出一根导线依次接触各笔段电极，可分别显示所对应的笔段，如右图所示。

检测时，若某笔段发光黯淡，说明器件已经老化，发光效率变低。如果显示的笔段残缺不全，说明数码管已经局部损坏。注意，检查共阳极 LED 数码管时应改变电源电压的极性。

如果被测 LED 数码管的型号不明，又无引脚排列图，则可用数字式万用表的  $h_{FE}$  挡进行如下测试：判定数码管的结构类型（共阴或共阳）；识别引脚排列；检查全笔段发光情况。具体操作时，可预先把 NPN 插孔的 C 孔引出一根导线，并将导线接在假定的公共电极（可任设一引脚）上，再从 E 孔引出一根导线，用此导线依次去触碰被测管的其他引脚。根据笔段发光或不发光的情况进行判别验证。测试时，若笔段引脚或公共引脚判断正确，则相应的笔段就能发光。当笔段电极接反或公共电极判断错误时，该笔段就不能发光。

数字式万用表  $h_{FE}$  挡所提供的正向工作电流约 20mA，进行上述检查绝对不会损坏被测器件。

需要注意的是，用  $h_{FE}$  挡或二极管挡不适用于检测大型 LED 数码管。由于大型 LED 数码管是将多只发光二极管的单个字形笔段按串、并联方式构成的，因此需要的驱动电压高（17V 左右），驱动电流大（50mA 左右）。检测这种管子时，可采用 20V 直流稳压电源，配上滑线电阻器作为限流电阻兼调节亮度，以检查其发光情况。

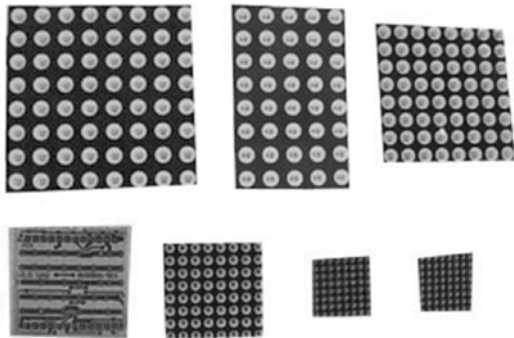


## 10.2 点阵

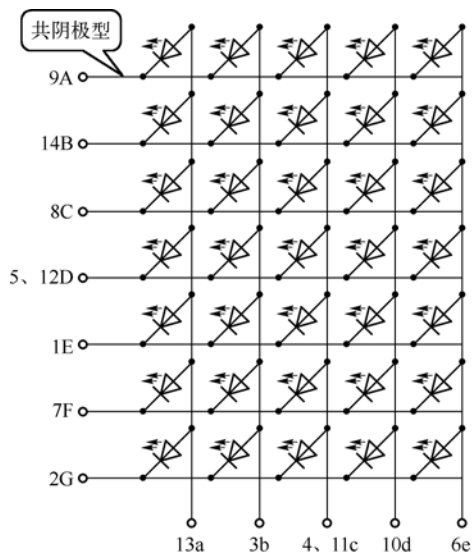
发光二极管阵列称为矩阵管，又称点阵。点阵 LED 数码管显示器按其发光颜色可为单色型和彩色型；按内部结构可分为共阴（行）和共阳（行）；按阵列可分为 4×6、5×7、8×8 个灯等组成的显示器。

### 10.2.1 点阵的外形结构及特点

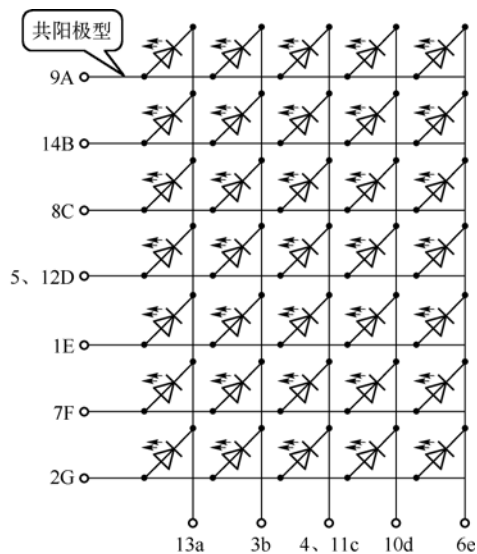
点阵都是单管芯，一般都用 5V 供电。8×8 点阵为 16 根引脚（单色，也有 24 根的，可能是作废的双色点阵或者为了能在同一种电路板上实现单色、双色都可用而设计的，也比较常见），8 根行，8 根列。双色为 24 根引脚，8 根行，8 根列红，8 根列绿，如右图所示。



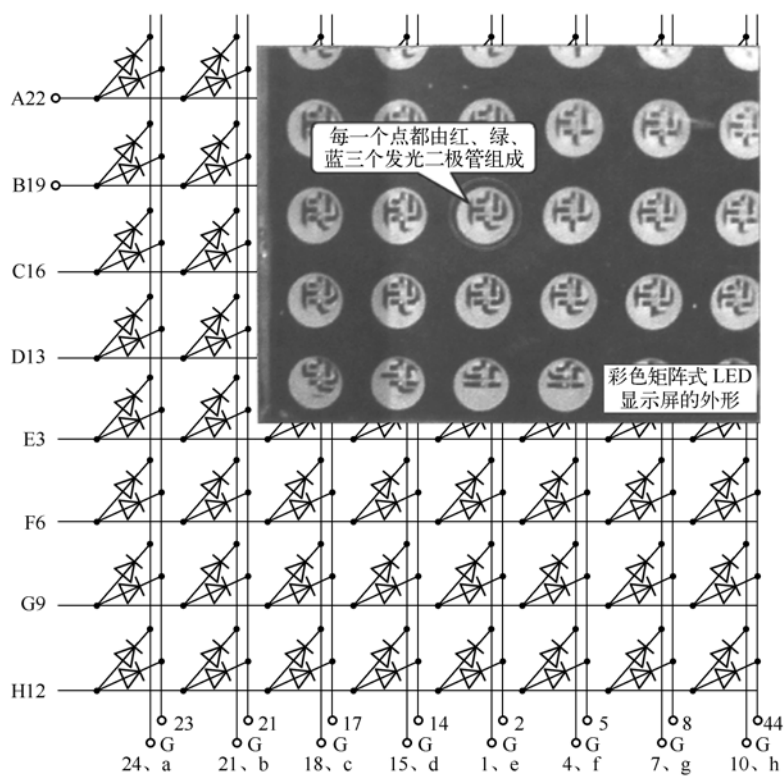
点阵的内部连接方式如下图所示。



(a) 单色共阴极



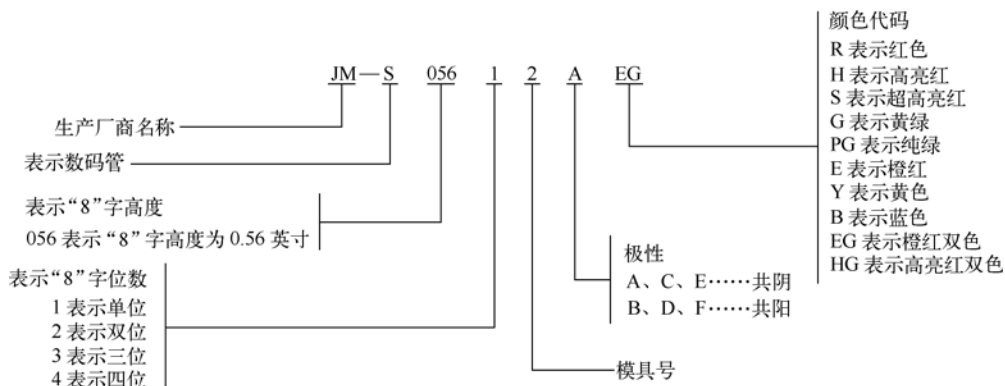
(b) 单色共阳极



(c) 彩色点阵

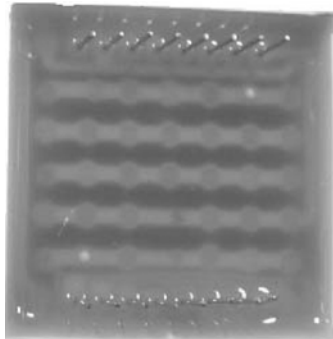
### 10.2.2 点阵的型号命名

点阵目前没有统一的型号命名方法，型号为 JM—S05612AEG 的点阵命名示例如下图所示。

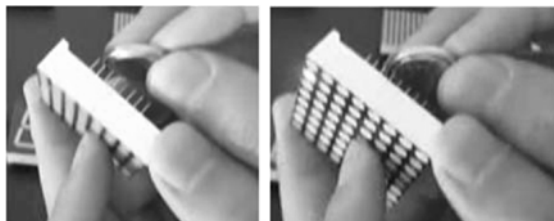


### 10.2.3 点阵的检测

点阵实质上就是由许多的发光二极管组合而成的，电路中若使用点阵，在电路原理图上只标出点阵行、列的引脚对应关系，而每个点阵后面的引脚排列次序不同，不同厂商在设计时根据 PCB 布线来定义引脚排列次序。由于各厂商自定义点阵引脚排列次序，使用前首先需测试引脚排列次序。8×8 点阵背面引脚如右图所示。



使用纽扣电池可简单测试点阵的颜色、亮度及结构。将纽扣电池的斜边对应点阵引脚，使正负极分别接触点阵的两个引脚，依次逐个接触两两引脚，如右图所示。检测过程中会看到点阵的一些点发光，从而判断点阵的颜色和亮度。

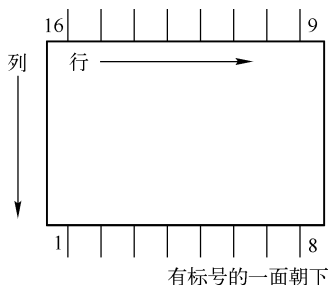


检测点阵是单色还是双色的示意图如右图所示，将纽扣电池从上向下依次逐个接触两两引脚，若没有点被点亮，可将电池极性反转，从下向上依次逐个接触两两引脚。



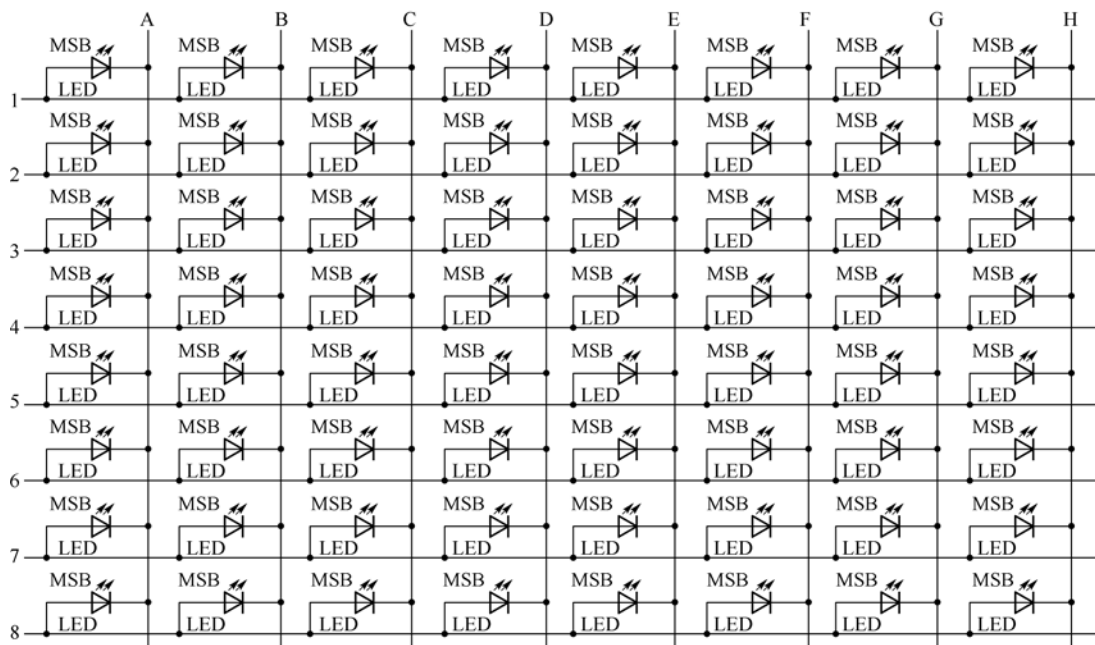
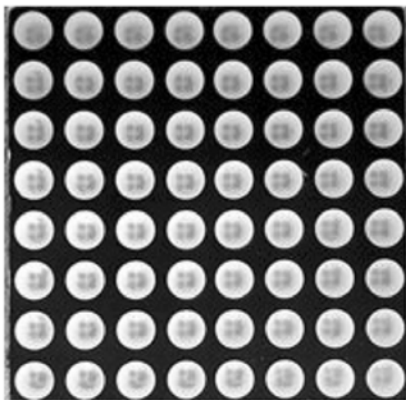


测试点阵的引脚次序，须用万用表来测试。一般情况下，将有标号的一面朝下，从上向下依次是第一行~第八行，从左向右依次是第一列~第八列，如右图所示。各引脚分别对应哪一行哪一列通过万用表测试即知。



### 1) 指针式万用表检测点阵

将指针式万用表置于  $R \times 10k$  电阻挡，先用黑表笔（接表内电源正极）随意选择一个引脚，红表笔分别接触余下的引脚，看点阵有没有点发光，没发光就用黑表笔再选择一个引脚，红表笔分别接触余下的引脚，当点阵发光时，黑表笔接触的那个引脚为正极，红表笔接触就发光的 8 个引脚为负极，剩下的 7 个引脚为正极。8×8 点阵等效电路如下图所示。





当测出引脚正、负极后，须把点阵的引脚正、负分布情况记录下来，正极（行）用数字表示，负极（列）用字母表示，先定负极引脚编号，黑表笔选定一个正极引脚，红表笔接负极引脚，看是第几列的点被点亮，第一列就在引脚写 A，第二列就在引脚写 B，其余依次类推。这样，点阵的一半引脚都被编号了。剩下的正极引脚采用同样的方法，红表笔选定一个负极引脚，黑表笔接正极引脚，看是第几行的点被点亮，第一行的亮就在引脚标 1，第二行就在引脚标 2，其余依次类推。

## 2) 数字式万用表检测点阵

将数字式万用表置于二极管挡或蜂鸣挡，红表笔（接表内电源正极）固定接触某一引脚，黑表笔分别接触其余引脚进行测试，看点阵有没有点发光，没发光就用红表笔再选择一个引脚，黑表笔分别接触余下的引脚。当点阵发光时，红表笔接触的引脚为正极，黑表笔接触的引脚为负极。通过测试可分别找出点阵引脚的正、负极。

找出引脚正、负极后，用红表笔接触某一正极，黑表笔接触某一负极，看是哪行哪列的点被点亮，在红表笔所接引脚上标出对应行数字，黑表笔所接引脚上标出相应列字母。依次类推，可分别确定各引脚所对应的行和列。

# 石英晶体振荡器的识别与检测

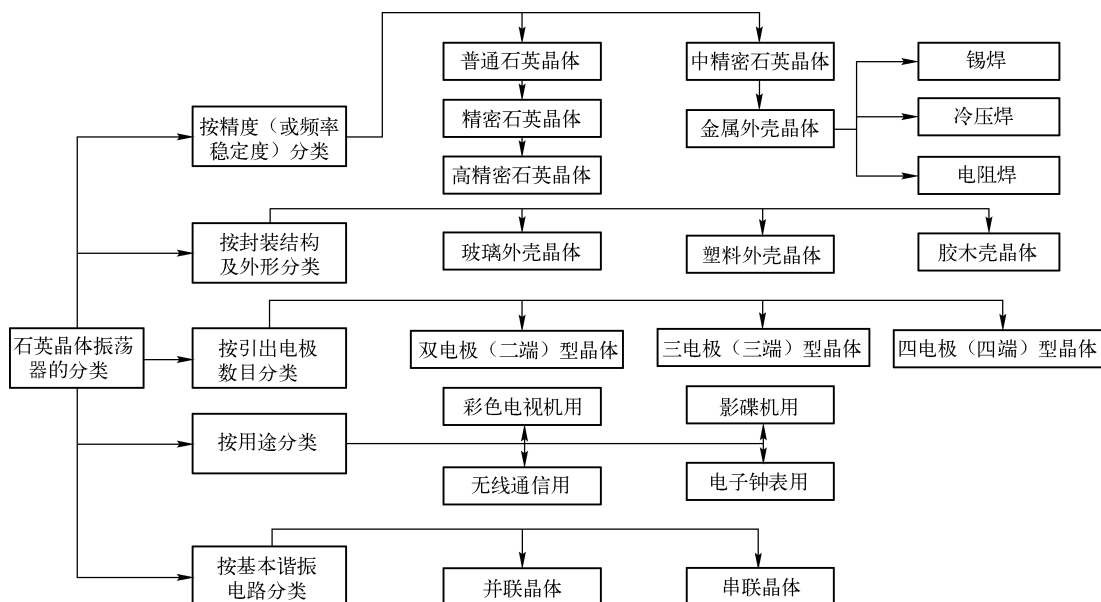
石英晶体在电子线路中一般用于稳定振荡频率，以及用作晶体滤波器。陶瓷滤波器主要利用陶瓷材料压电效应实现电信号→机械振动→电信号的转换，从而取代部分电子电路中的 LC 滤波电路，使其工作更加稳定。

## 11.1 石英晶体振荡器

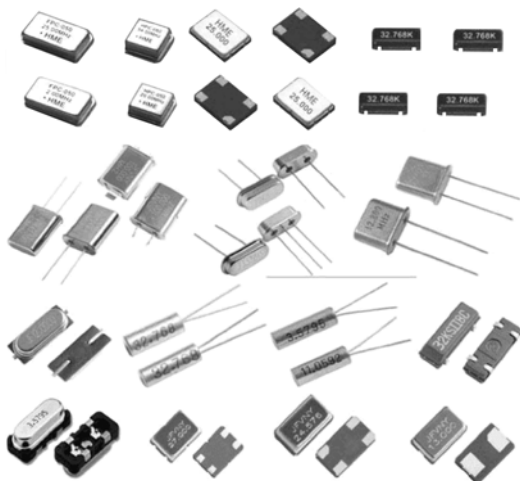
石英晶体振荡器简称石英晶体，俗称为晶振，它是利用具有压电效应的石英晶体片制成的。这种石英晶体薄片受到外加交变电场的作用时会产生机械振动，当交变电场的频率与石英晶体的固有频率相同时，振动便变得很强烈，这就是晶体谐振特性。利用这种特性，就可以稳定频率和选择频率，取代 LC（线圈和电容）谐振回路、滤波器等。

### 11.1.1 石英晶体振荡器的分类

石英晶体振荡器的分类如下图所示。



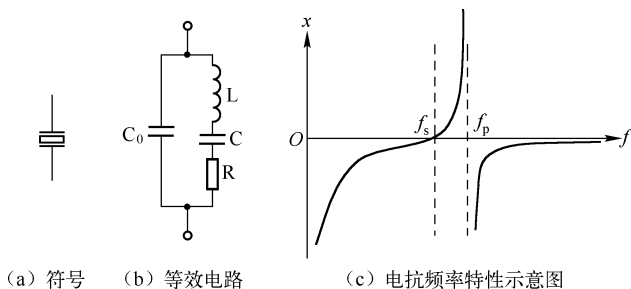
常见石英晶体振荡器的外形如右图所示。



### 11.1.2 石英晶体振荡器的等效电路与识别

石英晶体振荡器的图形符号及其内部等效电路如右图所示。

当晶体不振动时,可视为一个平板电容  $C_0$ ,称为静电电容。 $C_0$  的大小与晶片的几何尺寸、电极面积有关,一般约几皮法到几十皮法。当晶体振荡时,机械振动的惯性可用电感  $L$  来等效。一般  $L$  的值为几十毫亨至



几百毫亨。晶片的弹性可用电容  $C$  来等效,  $C$  的值很小,一般只有  $0.0002 \sim 0.1 \text{ pF}$ 。晶片振动时因摩擦而造成的损耗用  $R$  来等效,它的数值约为  $100 \Omega$ 。由于晶片的等效电感很大,而  $C$  很小,  $R$  也小,因此回路的品质因数  $Q$  很大,可达  $10^4 \sim 10^6$ 。加上晶片本身的谐振频率基本上只与晶片的切割方式、几何形状、尺寸有关,而且可以做得很精确,因此利用石英谐振器组成的振荡器电路可获得很高的频率稳定度。

从石英晶体谐振器的等效电路可知,它有两个谐振频率,即当  $L$ 、 $C$ 、 $R$  支路发生串联谐振时,它的等效阻抗最小(等于  $R$ ),串联谐振频率为  $f_s$ 。通常可近似认为石英晶体对于串联谐振频率呈纯阻性,且可近似认为其阻抗最小。当频率高于  $f_s$  时,  $L$ 、 $C$ 、 $R$  支路呈感性,可与电容  $C_0$  发生并联谐振,并联谐振频率为  $f_p$ 。

晶振串联一只电容接在集成电路的两只引脚上,则为串联谐振型;一只脚接集成电路,另一只脚接地,则为并联谐振型。

石英晶体振荡器在电路中通常用字母“X”、“G”、“Z”或“Y”表示。

### 11.1.3 石英晶体振荡器的型号命名

国产石英晶体振荡器的型号命名由三部分组成,其各部分组成如下图所示,各部分含义参见表 11.1。

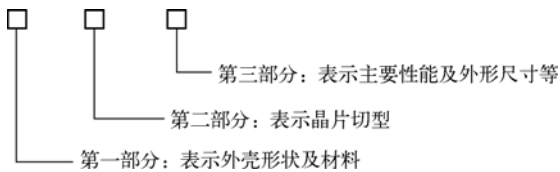


表 11.1 国产石英晶体振荡器型号命名各组成部分的含义

第一部分：外壳形状及材料		第二部分：晶片切型		第三部分：主要性能及外形尺寸
字母	含义	字母	含义	用字母表示晶振的主要性能及外形尺寸
B	玻璃壳	A	AT 切型	
		B	BT 切型	
		C	CT 切型	
		D	DT 切型	
S	塑料壳	E	ET 切型	
		F	FT 切型	
		H	HT 切型	
		M	MT 切型	
J	金属壳	N	NT 切型	
		U	音叉弯曲振动型 WX 切型	
		X	伸缩振动 X 切型	
		Y	Y 切型	

例如，JA5 为金属壳 AT 切型晶振元件；BA3 为玻璃壳 AT 切型晶振元件。

11.1.4 石英晶体振荡器的主要参数

石英晶体振荡器的主要参数参见表 11.2。

表 11.2 石英晶体振荡器的主要参数

主 要 参 数	解 说
标称频率	标称频率是指石英晶体振荡器的振荡频率，它与负载电容的容量值有关，通常标注在产品外壳上。需要注意的是，晶振外壳所标注的频率，既不是串联谐振频率也不是并联谐振频率，而是在外接负载电容时测定的频率，数值介于串联谐振频率和并联谐振频率之间
负载电容	负载电容是指与石英晶体振荡器各引脚相关联的总有效电容（包括应用电路内部与外围各电容）之和。 负载电容常用的标准值有 16pF、20pF、30pF、50pF、100pF 等
激励电平（功率）	激励电平是指石英晶体振荡器工作时所消耗的有效功率。该值决定电路工作频率的优良稳定程度，在振荡回路中，激励电平应大小适中，既不能过激励（容易振到高次谐波上），也不能欠激励（不容易启振）。激励电平常用的标准值有 0.1mW、0.2mW、0.5mW、1mW、2mW、4mW、50μW、20μW、10μW、1μW、0.1μW 等
工作温度范围	工作温度范围是指石英晶体振荡器正常工作时所允许的最低温度至最高温度（环境温度）
温度频差	温度频差是指石英晶体振荡器在工作温度范围内的工作频率相对于基准温度下工作频率的最大偏离值，它反映石英晶体振荡器的频率温度特性

常用石英晶体振荡器参见表 11.3。

表 11.3 常用石英晶体振荡器

用 途	频率（未注明单位的数值，单位为 kHz）/型号
彩色副载波	4433.619/JA18、3579.545/JA25、8867.238/JA26
彩电遥控器	4000/JA56、10000/JA57、4500/JA58
录像机	3579.545/JA035、3993.6/JA035
移动通信	3000~9000/JA98、9000~25000/JA46、25~75 MHz /JA48
电话机、汽车	4194.304/JA041、2172.5/JA271、4986/JA498
电子琴	1000/JA21
微处理器	1800~25000/JA95、25~50 MHz /JA96
钟用、压控用	4194.304/JA42、800~12000/JA49、12000~20000/JA49A
恒温石英晶体	1000~20000/JA15、20~75 MHz /JA17
高频石英晶体	600~850/JA1、850~25000/JA5、15~125 MHz /JA98
低频石英晶体	8~20/JW1、20~85/JN1、80~110/JN3、150~200/JD1
行振荡	503.5
VCD、DVD 等影碟机	3.58MHz、4.19MHz、4.236MHz、4.43MHz、8MHz、8.4672MHz、12MHz、14.31818MHz、16.9344MHz、17.7344MHz、40.5MHz
测温石英晶体	1MHz、2MHz、2.5MHz、3MHz、5MHz、10MHz

### 11.1.5 晶振的检测

检测石英晶体时，首先从外观上检查。正常石英晶体应表面整洁，无裂纹，引脚牢固可靠，用万用表检测时电阻值应为无穷大，若其电阻很小甚至接近于零，则说明被测晶体漏电或击穿，已经损坏。当测得电阻无穷大时，说明石英晶体没有击穿漏电，但不能断定晶体是否损坏。此时，可根据不同频率晶体的电容量不同进一步检测，用数字式万用表的电容挡测量石英晶体的电容值，再对照资料即可确定石英晶体是否损坏。常用的几种检测晶振的方法如下。

#### 1. 电阻法测量

用万用表  $R \times 10k$  挡测量石英晶体振荡器的正、反向电阻值，正常时均应为  $\infty$ （无穷大），如右图所示。若测得石英晶体振荡器有一定的阻值或为 0，则说明该石英晶体振荡器已漏电或击穿损坏。但反过来则不能成立，即若用万用表测得阻值为无穷大，则不能完全判断石英晶体良好。此时，可改用另外的方法进一步判断。



$R \times 10k$  挡测量几乎为  $\infty$

#### 2. 电容量法测量

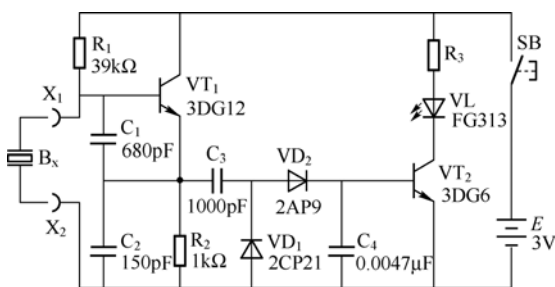
如下图所示，通过用电容表或具有电容测量功能的数字式万用表测量石英晶体振荡器

的电容量，可大致判断出该石英晶体振荡器是否已变值。例如，遥控发射器中常用的 45kHz、480kHz、500kHz 和 560kHz 石英晶体振荡器的电容近似值分别为 296~310pF、350~360pF、405~430pF、170~196pF。若测得石英晶体振荡器的容量大于近似值或无容量，则可确定该石英晶体振荡器已变值或开路损坏。



### 3. 用测试电路检测

检测石英晶体通用的方法是制作一个简单的振荡电路，将被测石英晶体接入，看是否启振。若启振，说明晶体是好的，否则是坏的。常用石英晶体的检测电路如右图所示。被测石英晶体与三极管  $VT_1$  构成一个振荡器，若晶振良好，振荡器启振，信号经过  $C_3$  耦合至  $VD_1$ 、 $VD_2$  整流及  $C_4$  滤波，再经过放大电路放大，驱动 LED 发光；若晶振损坏，则振荡器不能启振，LED 不能发光。图中  $B_x$  代表被测晶体。



若将石英晶体振荡器接入电路中（注意，石英晶体振荡器的两条引线不能相距过近），电路能启振，LED 指示灯闪烁，则说明该石英晶体振荡器性能良好；若将石英晶体振荡器接入电路后，电路不启振，LED 指示灯也不亮，则说明该石英晶体振荡器已损坏。

### 4. 用试电笔检测

还有一种最简单的方法可粗略判断石英晶体的好坏。如右图所示，将一只试电笔刀头插入市电的火线孔内，用手指拿住石英晶体的一脚，用另一脚接触试电笔的顶端。如果氖泡发红，一般说明石英晶体是好的；如果氖管不亮，说明晶体已经损坏。



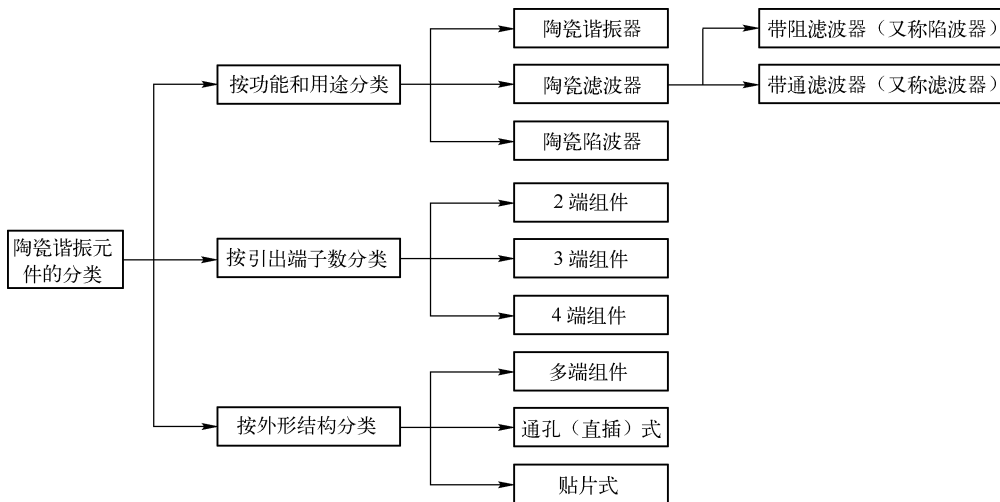
## 11.2 陶瓷谐振元件

陶瓷谐振元件是由压电陶瓷制成的谐振元件。陶瓷谐振元件与晶振一样，也是利用压电效应工作的元件。陶瓷谐振元件的基本结构、工作原理、特性、等效电路及应用范围与晶振相似。陶瓷谐振元件比石英晶体谐振器的频率精度要低，但成本也比石英晶体谐振器低，

所以在要求较高（主要是频率精度和稳定度）的电路中不能采用陶瓷谐振元件，除此之外陶瓷谐振元件几乎都可代替晶振。陶瓷谐振元件具有频率稳定、抗干扰性能良好的特点，广泛应用于各种电子产品中，如电视机的中频伴音电路及各种家电遥控发射器中都可见到。

### 11.2.1 陶瓷谐振元件的分类、特点及外形

陶瓷谐振元件的分类如下图所示。



#### 1. 陶瓷滤波器

陶瓷滤波器（见右图）是由锆钛酸铅陶瓷材料制成的，将陶瓷材料制成片状，两面涂银作为电极，经过直流高压极化后就具有压电效应。陶瓷滤波器具有性能稳定，抗干扰性能良好，无须调整，成本低等优点，取代了传统的 LC 滤波网络，作为选频元件广泛应用于电视机、录像机、收音机等各种电子产品中。



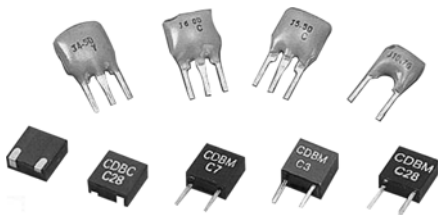
#### 2. 陶瓷陷波器

陶瓷陷波器（见右图）是利用压电陶瓷的压电效应制成的带阻滤波器，可阻止或滤除信号中有害分量对电路的影响。

陶瓷陷波器也分两端型和三端型，在电路中的文字符号及图形符号与陶瓷滤波器相同。

彩色电视机中的陷波器（带阻滤波器）常用型号有

XT4.43M、XT5.5MA、XT5.5MB、XT6.0MA、XT6.0MB、XT6.5MA、XT6.5MB 等。



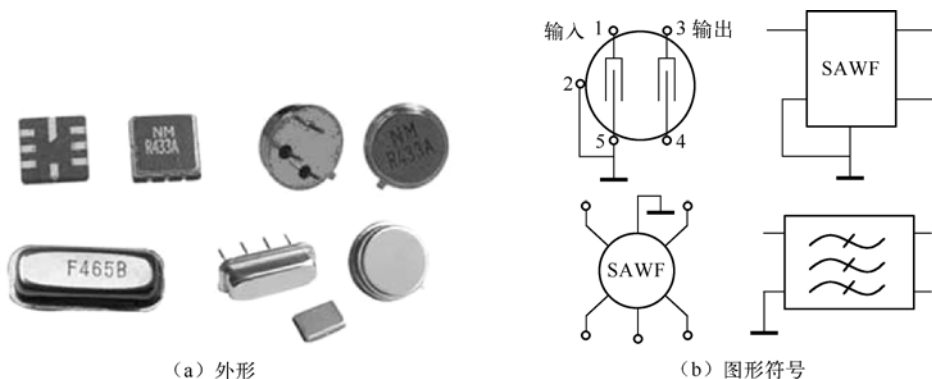
#### 3. 声表面波滤波器

声表面波滤波器简称 SMWT 或 SAM。它是利用压电陶瓷、铌酸锂、石英等晶体材料的压电效应和声表面波传播的物理特性制成的一种换能式无源带通滤波器，可作为电视机和录



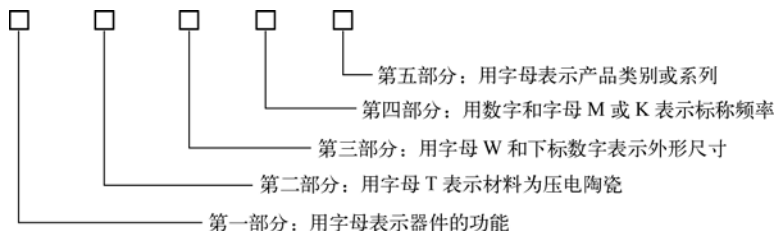
像机中频输入电路中的选频元件，取代了中频放电器的输入吸收回路和多级调谐回路。

声表面波滤波器的文字符号与陶瓷滤波器相同。声表面波滤波器的外形如下图（a）所示，图形符号如下图（b）所示。



### 11.2.2 陶瓷谐振元件的型号命名

国产陶瓷谐振元件型号命名一般由五部分组成，如下图所示。



第一部分用字母表示器件的功能。如 L 表示滤波器，X 表示陷波器，J 表示鉴频器，Z 表示谐振器。

第二部分用字母 T 表示材料为压电陶瓷。

第三部分用字母 W 和下标数字表示外形尺寸。

第四部分用数字和字母 M 或 K 表示标称频率。如 465K 表示标称频率为 500kHz，10.7M 表示标称频率为 10.7MHz。

第五部分用字母表示产品类别或系列。

陶瓷滤波器的电路符号如右图所示。

彩色电视机中的带通滤波器常用型号有 LT5.5M、LT6.5M、LT6.5MA、LT6.5MB 陶瓷滤波器；调频立体声收

录机、收音机常用的 10.7MHz 中频滤波器有 LT10.7MA、

LT10.7MB、LT10.7MC 等，调幅收音机的中频滤波器有 LT455、LT465 等。



二端陶瓷滤波器

三端陶瓷滤波器

### 11.2.3 陶瓷滤波器的检测

陶瓷滤波器可用万用表进行检测，具体方法如下。



### 1. 指针式万用表检测陶瓷滤波器

如右图所示,将指针式万用表置于  $R \times 10k$  挡,用红、黑表笔分别测二端或三端陶瓷滤波器任意两引脚,两引脚之间的正、反向电阻均应为  $\infty$ ,若测得阻值较小或为  $0\Omega$ ,可判定该陶瓷滤波器已损坏。需要说明的是,测得正、反向电阻均为  $\infty$  并不能完全确定该陶瓷滤波器完好,业余条件下可用代换法测试。



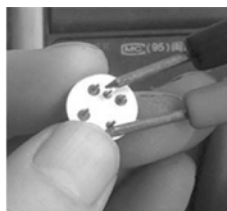
### 2. 数字式万用表检测陶瓷滤波器

如右图所示,将数字式万用表置于最大欧姆挡,用红、黑表笔分别测二端或三端陶瓷滤波器任意两引脚,两引脚之间的正、反向电阻均应显示溢出符号“OL”或“1”,若测得阻值较小或为  $0\Omega$ ,可判定该陶瓷滤波器已损坏。



### 3. 声表面波滤波器的检测

(1) 如右图所示,将万用表置于  $R \times 10k$  挡,测量 2 脚与 5 脚之间电阻应为 0,其余各引脚之间的阻值应为无穷大。否则,可判定声表面波滤波器已损坏。



2 脚与 5 脚之间电阻为 0



其余各引脚之间的阻值为无穷大

(2) 测量电容。用数字式万用表电容挡测量各引脚间的电容,应与表 11.4 所示值基本相符。否则,可判定声表面波滤波器已损坏。

表 11.4 声表面波滤波器各引脚间的电容

引脚	1、2	2、3	3、4	4、5	3、5	5、1
电容量 (pF)	4~5	6~7	7.5~8	15~16	4.5~5	7.5~8

# 控制及自动控制元件的识别与检测

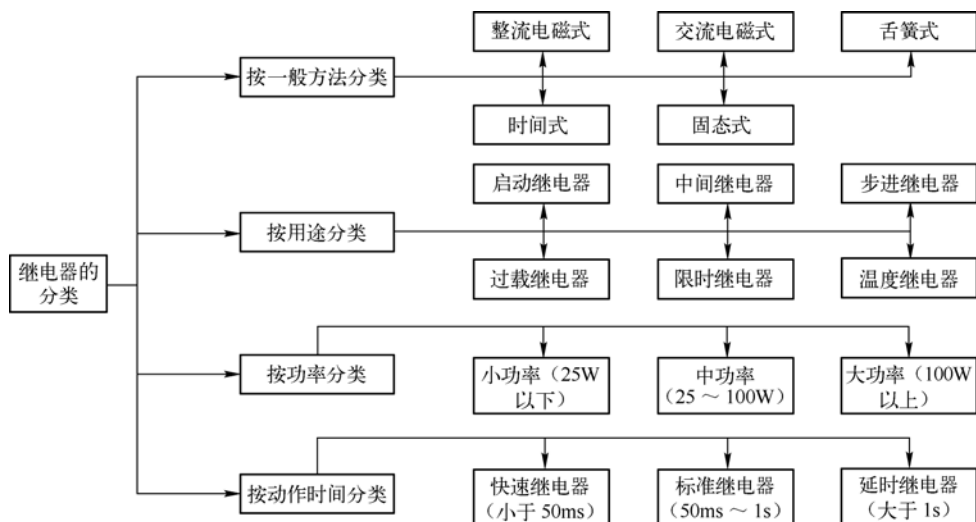
控制及自动控制元件主要包括继电器、熔断器和温控器等。继电器是一种控制常用的机电元件，可以视为一种由输入参量（如电、磁、光、声等物理量）控制的开关。熔断器是一种过流或过压保护器件。温控器是一种对温度实施自动控制的器件。

## 12.1 继电器

继电器可以使用一组控制信号来控制一组或多组电器接点开关，通常应用在自动控制电路中。继电器实际上是用较小的电流去控制较大电流的一种“自动开关”，故在电路中起着自动调节、安全保护及电路转换等作用。

### 12.1.1 继电器的分类

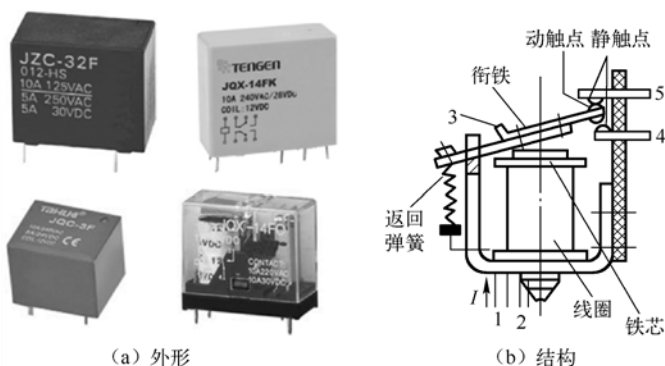
继电器的分类如下图所示。



#### 一、电磁继电器的外形及特点

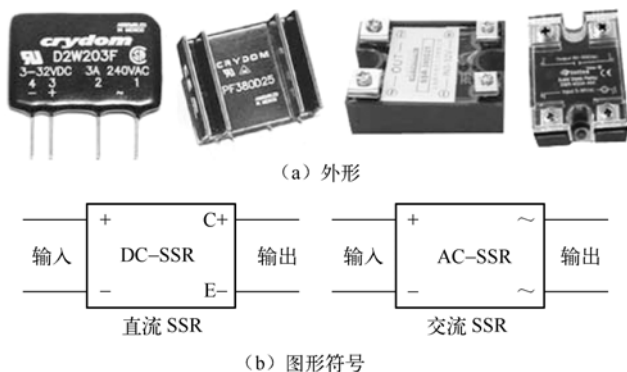
电磁继电器（见下图）是具有隔离功能的自动开关元件，广泛应用于遥控、通信、自动控制、机电一体化等电力电子设备中，是重要的控制元件之一。电磁继电器输入部分以直

流电压驱动，一般规格有 5V、9V、12V、24V 等；输出部分接负载与交流电源。



## 二、固态继电器的外形及特点

固态继电器（见下图）简称 SSR，是一种由固态半导体器件组成的新型无触点电子开关器件。固态继电器是一种两个接线端为输入端，另外两个接线端为输出端的四端器件，中间采用隔离器件实现输入、输出的电隔离。它的输入端仅要求很小的控制电流，驱动功率小，能用 TTL、CMOS 等集成电路直接驱动，其输出回路采用较大功率晶体管或双向晶闸管的开关特性来接通或断开负载，达到无触点、无火花接通或断开电路的目的。



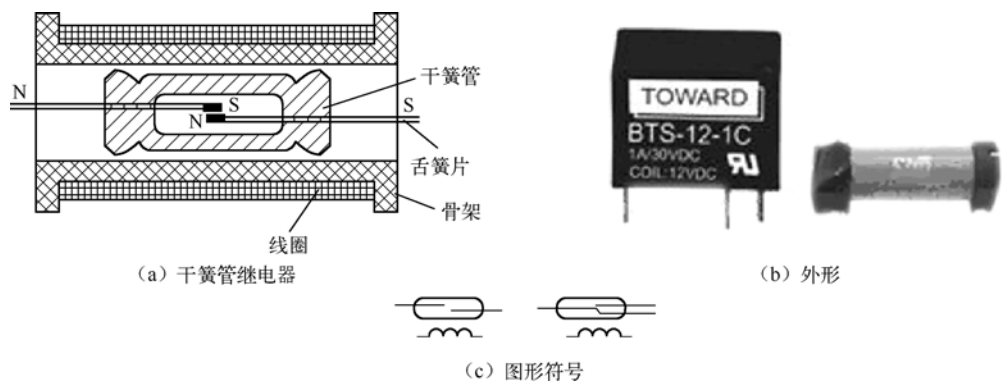
固态继电器按使用场合的不同，可分为直流型（DC-SSR）和交流型（AC-SSR）两种；按开关形式可分为常开型和常闭型；按隔离形式可分为混合型、变压器隔离型和光电隔离型，以光电隔离型最为常见。

## 三、干簧管继电器的外形及特点

干式舌簧开关管简称干簧管，它是把两片既导磁又导电的材料做成的簧片平行地封入充有惰性气体（如氮气、氩气等）的玻璃管中组成开关元件。两簧片的端部重叠并留有一定间隙以构成接点，如下图所示。



干簧管继电器（见下图）是由干簧管和绕在其外部的电磁线圈等构成的。当线圈通电后（或永久磁铁靠近干簧管）形成磁场时，干簧管内部的簧片将被磁化，开关触点会感应出磁性相反的磁极。当磁力大于簧片的弹力时，开关触点接通；当磁力减小至一定值或消失时，簧片自动复位，使开关触点断开。



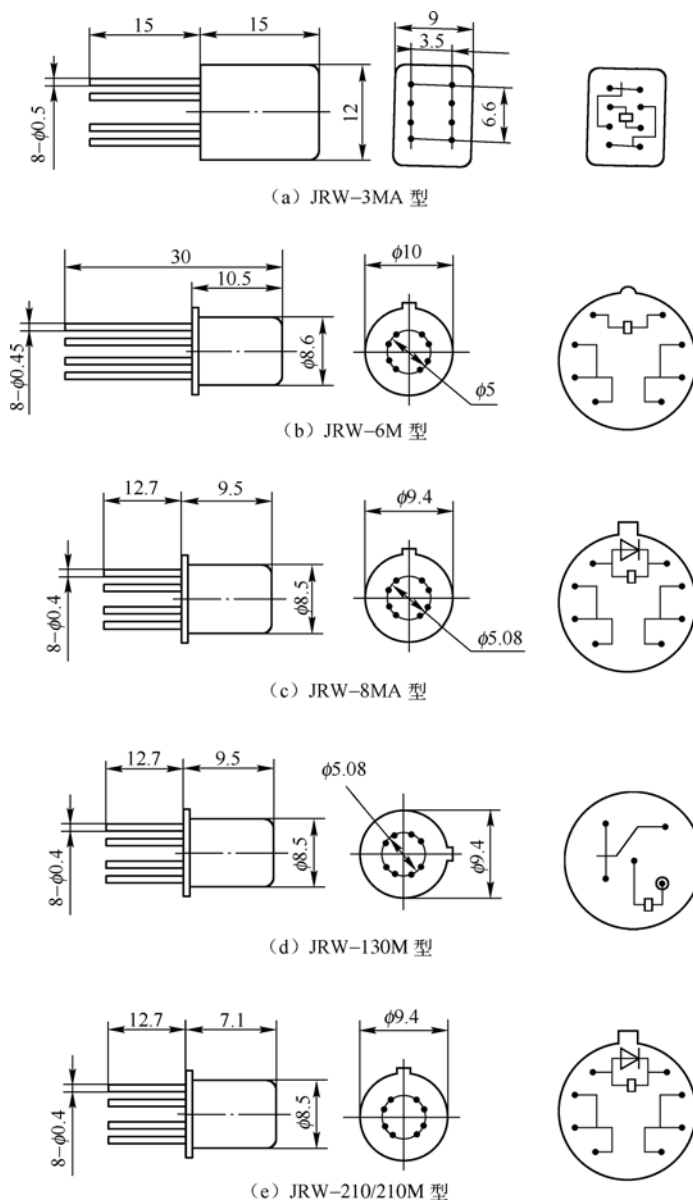
四、微型电磁继电器的外形及特点

微型电磁继电器的型号、特点、使用环境条件及用途参见表 12.1。

表 12.1 微型电磁继电器的型号、特点、使用环境条件及用途

型 号	特 点	使用环境条件					用 途
		温度	相对湿度	振动	冲击	加速度	
JRW-3MA	体积小，质量轻，	-55℃～85℃	40℃时达 98%	10～500Hz，196m/s <sup>2</sup>	490m/s <sup>2</sup>	—	广泛应用于通信和电子设备中，供换接电路之用
JRW-6M	灵敏度 高，体 积 小，质量轻	-55℃～85℃		10～2000Hz，147m/s <sup>2</sup>		245m/s <sup>2</sup>	适用于具有集成电路的通信及电子设备和自动控制装置中，供换接电路之用
JRW-8MA	体积小，质量轻，结构紧凑，环境适应性强，内装有二极管	-55℃～85℃		10～2000Hz，196m/s <sup>2</sup>	735m/s <sup>2</sup>	490m/s <sup>2</sup>	适用于导弹、飞机电子设备和自动装置中，供换接电路之用
JRW-130M	体积小，质量轻，灵敏度高，结构紧凑，环境适应性强，稳定性 能好	-65℃～125℃		10～3000Hz，294m/s <sup>2</sup>		196m/s <sup>2</sup>	适用于移动式电子设备，供控制或换接电路之用
JRW-210/211M	同上	-55℃～85℃		10～2000Hz，196m/s <sup>2</sup>		490m/s <sup>2</sup>	适用于军事通信设备、自动装置、电子设备等领域，供控制或换接电路之用

微型电磁继电器（见下图）具有体积小、质量轻、灵敏度高等特点，可广泛用于各种电子设备中，供控制或换接电路之用。



### 12.1.2 继电器的型号命名

常见小型继电器的型号命名组成如右图所示，各组成部分的含义参见表 12.2。

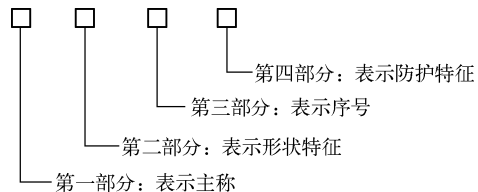
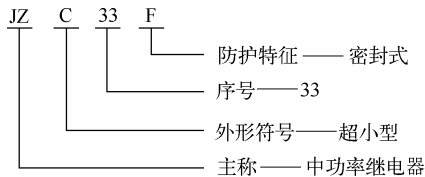


表 12.2 小型继电器型号命名各组成部分的含义

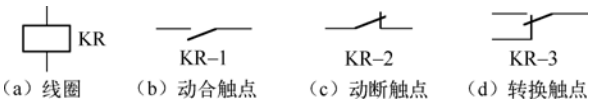
第一部分：主称		第二部分：形状特征		第三部分：序号	第四部分：防护特征	
字母	含 义	字母	含 义	用数字表示产品的 序号	字母	含 义
JR	小功率继电器	W	微型		F	封闭式
JZ	中功率继电器				M	密封式
JQ	大功率继电器	X	小型			
JC	磁电式继电器					
JU	热继电器或温度继电器	C	超小型			
JT	特种继电器					
JM	脉冲继电器					
JS	时间继电器					
JAG	干簧管继电器					

继电器型号命名示例如右图所示。



对于继电器的“常开、常闭”触点，可以这样来区分：继电器线圈未通电时处于断开状态的静触点称为“常开触点”，又称“动合触点”；处于接通状态的静触点称为“常闭触点”，又称“动断触点”。

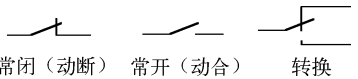
常用电磁继电器的触点有三种基本形式：动合触点（常开触点）、动断触点（闭合触点）及转换触点（动合和动断切换触点），它们的电路图形符号如右图所示。



（1）动合型（H 型）线圈不通电时两触点是断开的，通电后，两个触点就闭合。以“合”字的拼音字头“H”表示。

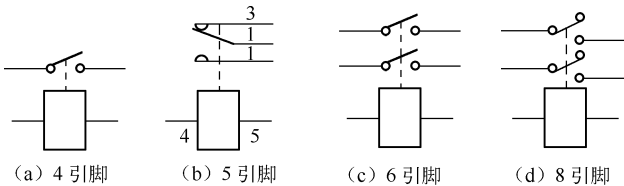
（2）动断型（D 型）线圈不通电时两触点是闭合的，通电后两个触点就断开。用“断”字的拼音字头“D”表示。

（3）转换型（Z 型）线圈属于触点组型。这种触点组共有三个触点，即中间是动触点，上下各一个静触点。线圈不通电时，动触点与其中一个静触点断开，与另一个静触点闭合，线圈通电后，动触点就移动，使原来断开的成为闭合，原来闭合的成为断开状态，达到转换的目的。这样的触点组称为转换触点，用“转”字的拼音字头“Z”表示。



电磁式继电器的触点电路符号如右图所示。

继电器在电路原理图中通常用字母“K”表示，常见的几种继电器的电路符号如右图所示。



### 12.1.3 电磁继电器的主要技术指标

普通电磁继电器的主要技术指标有直流电阻、线圈额定工作电压、触点额定工作电压和电流、吸合电流、释放电流等。主要技术指标中,线圈额定工作电压、触点额定工作电压和电流是最主要的,通常标注在继电器的外壳上,如右图所示。

电磁继电器的主要技术指标参见表 12.3。

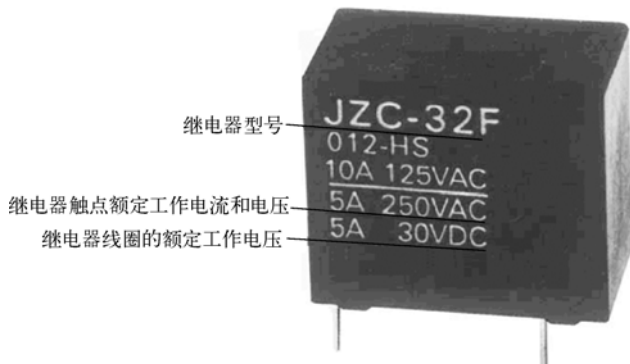


表 12.3 电磁继电器的主要技术指标

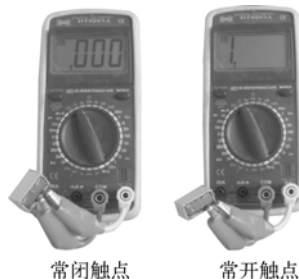
技术 指 标	解 说
线圈额定电压	触点稳定切换时线圈两端所加的电压称为额定电压。额定电压分为直流电压和交流电压。额定直流电压常有 6V、9V、12V、24V、48V 等。对于线圈所加的工作电压,一般不要超过额定工作电压的 1.5 倍,否则会产生较大的电流而将线圈烧毁
吸合电压	保持触点吸合,线圈两端应加的最低电压称为吸合电压,通常为额定电压的 70%~80%
吸合电流	触点吸合时线圈通过的最小电流称为吸合电流。在正常工作时,给定电流必须略大于吸合电流,这样继电器才能稳定地工作
释放电压	触点吸合后再释放时,线圈两端所加的最高电压称为释放电压,通常比吸合电压低
释放电流	释放电流是指继电器产生释放动作时的最大电流。当继电器吸合状态的电流减小到一定程度时,继电器就会恢复到未通电的释放状态。释放电流远远小于吸合电流
线圈电阻	线圈的直流电阻称为线圈电阻。它与线圈匝数及线圈的额定工作电压成正比。继电器直流电阻的大小可以通过万用表测量出来,然后根据欧姆定律推算出额定电压和额定电流
线圈消耗功率	继电器线圈所消耗的额定电功率称为线圈消耗功率
触点形式	触点形式是指几组触点及常开(D)、常闭(H)或一开一闭(Z)。固态继电器的技术指标较多,包括输入参数和输出参数
触点负荷	触点负荷是指触点的带载能力,即触点能安全通过的最大电流和最高电压

### 12.1.4 继电器的检测

#### 1. 电磁继电器的检测

##### 1) 检测触点电阻

用万用表的电阻挡,测量常闭触点与动点电阻,其阻值应为 0,常开触点与动点电阻就为无穷大,如右图所示。由此可以区别出哪个是常闭触点,哪个是常开触点。用万用表的 R×1Ω 挡测量常闭触点的电阻值,正常为 0;将衔铁按下,此时常闭触点的阻值应为无穷大。若在没有按下衔铁时,测得常闭某一组触点有一定的阻值或阻值为无穷大,则说明该组触点已烧坏或氧化。



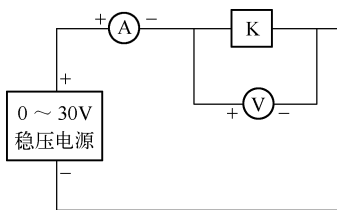
### 2) 检测线圈电阻

电磁继电器线圈的阻值一般为  $25\Omega \sim 2k\Omega$ 。额定电压低的电磁继电器线圈的阻值较低，额定电压高的电磁继电器线圈的阻值较高。可用万用表  $R \times 10\Omega$  挡测量继电器线圈的阻值，从而判断该线圈是否存在开路现象，如右图所示。若测得其阻值为无穷大，则线圈已断路损坏；若测得其阻值低于正常值很多，则是线圈内部有短路故障。采用该检测方法不能检测出线圈的局部短路故障。



### 3) 检测吸合电压和吸合电流

检测继电器的吸合电压和吸合电流可按右图所示接好稳压电源、电流表、电压表、继电器，电压表的量程可选在  $30V$  挡，电流表量程在  $100mA$  范围内便可，将继电器线圈串联到电路中，电压表并联在线圈的电磁继电器两引脚上，电流表也串入电路，注意电流表与电压表的正、负极不要接错。接好后稳压电源通电，并逐渐增加电压数值，直到听见衔铁发出“咔”的一声，表明磁铁已将衔铁吸住，此时电压表、电流表的数值便是吸合电压和吸合电流的值。为求准确，可以多测试几次而求平均值。



### 4) 测量释放电压和释放电流

测量释放电压或释放电流可采用与测量吸合电压和吸合电流同样的方法，当继电器发生吸合后，再逐渐降低供电电压，当听到继电器再次发出释放声音时，记下此时的电压和电流，也可多测试几次而取得平均的释放电压和释放电流。一般情况下，继电器的释放电压为吸合电压的  $10\% \sim 50\%$ ，如果释放电压太小（小于  $1/10$  的吸合电压），则不能正常使用了，否则会对电路的稳定性造成威胁，使电路工作不可靠。

## 2. 固态继电器的检测

在交流固态继电器的壳体上，输入端一般标有“+”、“-”及“INPUT”字样，而输出端则不分正、负，但有的器件标有“LOAD”字样。而对于直流固态继电器，一般在输入和输出端均标有“+”、“-”，有的器件还标有“IN”（输入）、“OUT”（输出）字样，以示区别。

### 1) 指针式万用表检测固态继电器

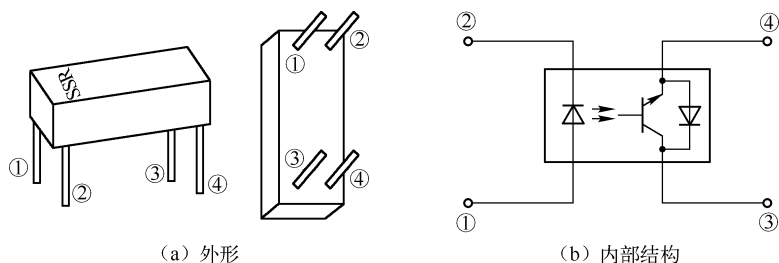
#### (1) 判别固态继电器的输入、输出端。

对无标识或标识不清的固态继电器，其输入、输出端的确定方法如下：将指针式万用表置于  $R \times 10k$  挡，将两表笔分别接到固态继电器的任意两脚上，当测出其中一对引脚的正向阻值为几十欧至几十千欧，反向阻值为无穷大时，此两引脚即为输入端。黑表笔所接就为输入端的正极，红表笔所接就为输入端的负极。

经上述方法确定输入端后，输出端的确定方法是：对于交流固态继电器，剩下的两引脚便是输出端，且没有正、负极之分。对直流固态继电器，仍需判别正、负极，与输入端的正、负极平行相对的便是输出端的正、负极。



需要指出的是,有些直流固态继电器的输出端带有保护二极管,保护二极管的正极接固态继电器的负极,保护二极管的负极则与固态继电器的正极相接,测试时要注意正确区分。下图所示是 JGTIFA 型固态继电器的外形与内部结构,它的输出端并联有保护二极管。



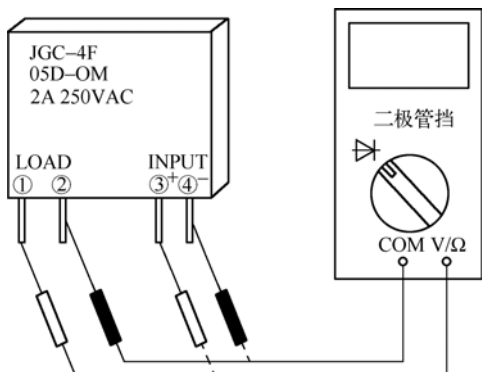
## (2) 判别固态继电器的好坏。

将万用表置于  $R \times 10k$  挡,测量继电器的输入端电阻,正向电阻值在十几千欧左右,反向电阻为无穷大,表明输入端是好的。然后用同样挡位检测继电器的输出端,其阻值均为无穷大,表明输出端是好的。如与上述阻值相差太远,则表明继电器有故障。

### 2) 数字式万用表检测固态继电器

#### (1) 检测输入、输出引脚。

如右图所示,用数字式万用表判别输入、输入端时,使用二极管挡,分别对四个引脚进行正、反向测试,其中必定能测出一对引脚间的电压值符合正向导通、反向截止的规律,即正向测量时显示“1.3~1.6V”,反向测试时显示溢出符号“1”。据此便可判定这两个引脚为输入端,而在正向测量且显示“1.3~1.6V”时,红表笔所接的是正极,黑表笔所接的则为负极。对于直流固态继电器,找到输入端后,一般与其横向两两相对的便是输出端的正极和负极。



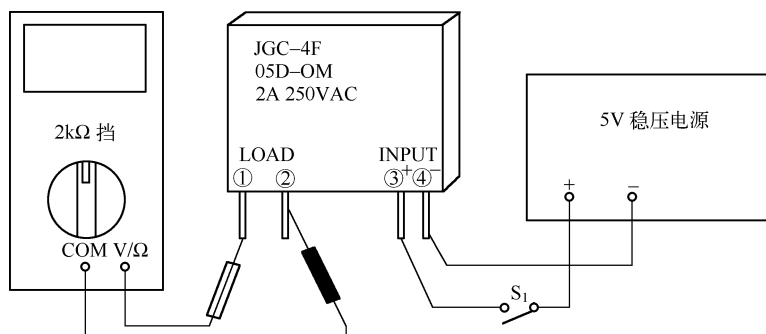
使用数字式万用表的二极管挡,先对①、②脚进行正、反向测量,万用表均显示溢出符号“1”;再对③、④脚进行正、反向测量,当红表笔接③脚、黑表笔接④脚时,仪表显示1524 (1.524V),调换表笔测量时,万用表显示溢出符号“1”,由此说明③、④脚为输入端,③脚为正极,④脚为负极。而①、②脚则是所测器件的交流输出端。

#### (2) 检测带载能力。

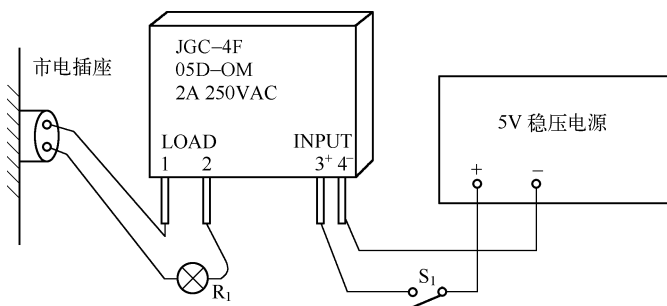
检测带载能力示意图如下图所示,使用一台 DC 5 V 稳压电源,将数字式万用表拨至  $2k\Omega$  电阻挡测量输出端的通、断电阻。将  $S_1$  闭合加电后,测得电阻值为几千欧,表明内部双向晶闸管导通,此时能接通负载。将  $S_1$  断开时,仪表显示溢出符号“OL”或“1”(电阻值为无穷大),说明被测器件关断,此时可切断负载。

被测固态继电器的型号不同,所测得的输出端的通态电阻值也有所不同,其值的范围是比较大的,有的为几十欧,有的为几千欧。输出端的通态电阻与输入电流  $I_S$  有关。在  $10 \sim 20mA$  范围内,输入电流  $I_S$  越大,通态电阻越小。 $I_S$  的大小取决于输入端所加直流电压的大小,但所加的输入电压值不得超过被测器件的额定输入电压值。此外,若输入端直流电

源的极性接反了，固态继电器是不能正常工作的。

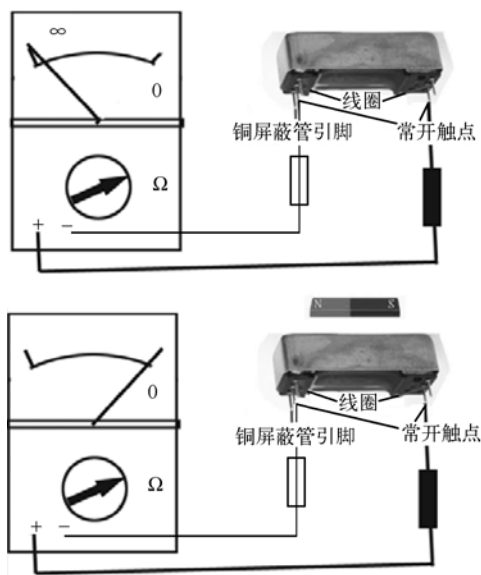


如下图所示，将 JGC-4F 的输出端串上一只 220V、60W 的白炽灯泡，接入 220V 交流电源。闭合  $S_1$  时灯泡正常发光，断开  $S_1$  时灯泡立即熄灭。由此证明被测交流固态继电器 JGC-4F 的性能良好。

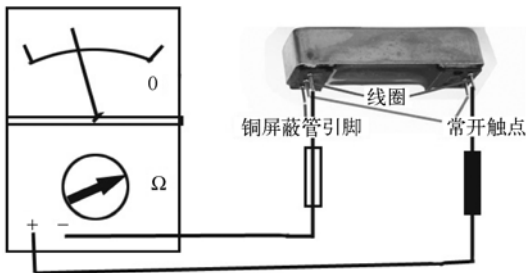


### 3. 干簧管继电器的检测

将万用表置于  $R \times 1\Omega$  挡，两表笔分别接干簧管继电器的两端，拿一块永久磁铁靠近干簧管继电器，此时万用表示数应为 0；永久磁铁离开干簧管继电器后，万用表示数应为无穷大，则说明干簧管基本正常。



线圈的好坏可直接用万用表欧姆挡测量。如右图所示,将万用表置于  $R \times 1\Omega$  挡,测量干簧管继电器触点引脚之间的电阻,然后给线圈引脚加上额定工作电压,正常触点引脚间阻值应由无穷大变为 0,若阻值始终为无穷大,则表明干簧管触点断路。



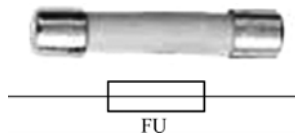
## 12.2 熔断器

### 12.2.1 普通熔断器的分类及特点

普通熔断器俗称保险管或保险丝,是一种不可恢复性元器件。

#### 1. 普通熔断器的特点

普通熔断器通常由玻璃管、金属帽及熔丝构成,其外形及电路符号如右图所示。两只金属帽套在玻璃的两端,熔丝装在玻璃管的内部,其两端分别焊接在两只金属帽的中心孔上,形状多为直线状。而彩色电视机、计算机显示器及开关电源电路中使用的是延迟式熔断器,其熔丝为螺旋状。



#### 2. 普通熔断器的分类

普通熔断器按熔断时间、反应速度和性能可分为普通型和延迟型;按最高工作电压可分为 32V、125V、250V 和 600V 四种规格。

#### 3. 普通熔断器的主要参数

普通熔断器的主要参数参见表 12.4。

表 12.4 普通熔断器的主要参数

长 (mm)	直径 (mm)	熔断时间 (s)	有效电阻 ( $\Omega$ )	额定电流 (A)
20 2		10	0.10~15.5	0.1、0.15、0.2、0.25、0.3、0.5、0.75、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、4.0、5.0
30 7			0.04~15.5	0.1、0.15、0.2、0.25、0.3、0.5、0.75、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、4.0、5.0、6.0、8.0、10、12.0
45 7			0.08~15.5	0.1、0.15、0.2、0.25、0.3、0.5、0.75、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、4.0、5.0、6.0、8.0、10.0、15.0

### 12.2.2 热熔断器的分类及特点

热熔断器又称超温保险器、温度保险丝等。在电路中的文字符号为 Ft, 外形图和图形符号如下图所示。呈圆柱形, 体积大小各异, 外壳有铝管和瓷管两类, 表面标注有熔断温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )、额定工作电压 (V) 及额定工作电流 (A) 等主要参数。正常的热熔断器电阻值为零, 当热熔断器熔断后, 其表面颜色变为深褐色, 其阻值为无穷大。

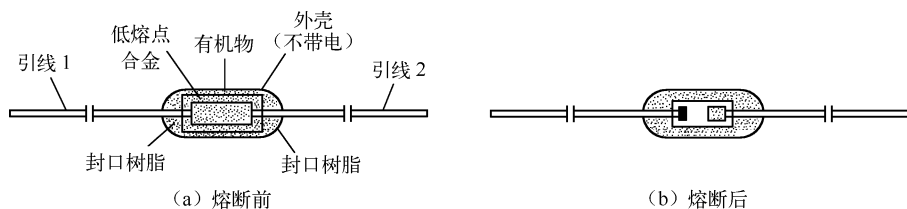


热熔断器是一种不可复位的一次性保护元件，以串联的方式接在电器电源输入端，其主要作用为过热保护。当使用中的家用电器出现不正常的温度，或温控失灵导致温升过高时，热熔断器迅速分断电路。

热熔断器的种类很多，按感温材料可分为复合型热熔断器、低熔点合金型热熔断器和化合物型热熔断器三种。

### 1. 复合型热熔断器

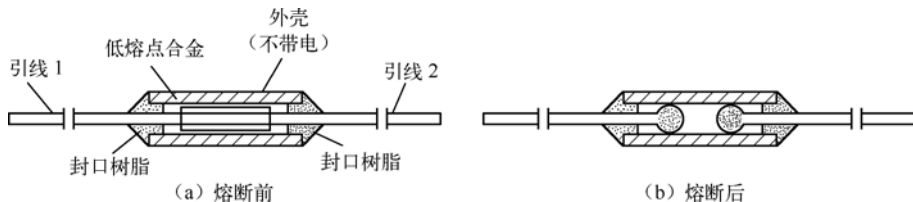
复合型热熔断器的感温材料采用低熔点合金，在合金上覆盖一层有机物，并能保证低熔点合金的熔点与有机物的熔点相匹配，即两者的熔点都相同。这样，有机物既防止合金表面氧化，又使合金在达到额定动作温度时能可靠地熔断，从而使电路分断，如下图所示。



复合型热熔断器有以下特点：动作温度精度高，熔断动作可靠，不会过早或推迟熔断；热稳定性能好，长期处于高温状态不会失控；感温体负荷电流可高达 20A，适合负载电流大的家用电器使用；外壳不带电，使用安全，安装简易；成本较低。

### 2. 低熔点合金型热熔断器

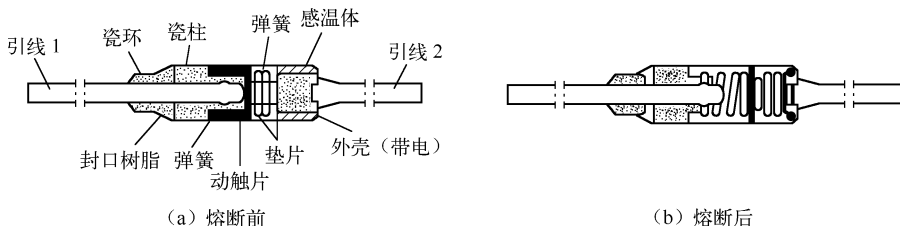
低熔点合金型热熔断器内部可导电的感温体由具有固定熔点的合金材料加工而成，当温度达到合金的熔点时，感温体能快速熔断，自动分断电路，如下图所示。



低熔点合金型热熔断器有以下特点：动作温度精度高，温度响应速度快；热稳定性好，长期处于高温额定电流下不会影响其额定动作温度；绝缘性能好，外壳不带电；体积小，安装简单。

### 3. 化合物型热熔断路器

化合物型热熔断路器内部采用弹簧反应力结构,感温体采用高纯度并且具有很窄的熔融温度范围的有机化合物加工而成。当温度达到其熔点时,感温体自动熔融,黏度变得很小,在弹簧作用下,使电路分断,如下图所示。



化合物型热熔断路器有以下特点:动作温度精度高,由于可导电的感温体不易氧化,故性能稳定,具有耐久性和持续性;结构精密,耐振、耐冲击,特别适用于具有振动和冲击性的家用电器的过热保护;电流容量大(大电流不通过感温体);外壳带电,安装需绝缘;体积小。

热熔断路器的应用范围如下。

(1) 复合型热熔断路器的额定电压为 250V,额定动作温度为  $70^{\circ}\text{C}\sim 250^{\circ}\text{C}$ ,每  $5^{\circ}\text{C}$  为一挡,额定电流为  $1\sim 20\text{A}$ ,适用于电饭锅、电压力锅、微波炉、电烤炉、电水壶、电开水器、饮水机、抽油烟机、电熨斗、吹风机、暖风机等过热保护。

(2) 低熔点合金型热熔断路器的额定电压为 250V,额定动作温度为  $55^{\circ}\text{C}\sim 185^{\circ}\text{C}$ ,每  $5^{\circ}\text{C}$  为一挡,额定电流有 2A、5A、10A 三种,适用于电饭锅、电烤炉、洗衣机、彩电、照相机等过热保护。

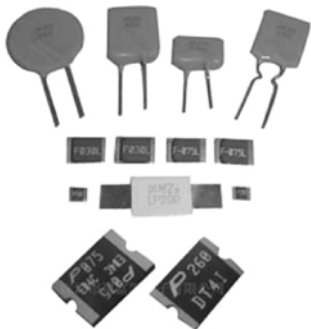
(3) 化合物型热熔断路器的额定电压为 250V,额定动作温度为  $55^{\circ}\text{C}\sim 320^{\circ}\text{C}$ ,每  $5^{\circ}\text{C}$  为一挡,额定电流有 3A、5A、10A 三种,适用于家用电器、电动工具、微型电动机和照明电器等过热保护。

## 12.2.3 自恢复熔断器的分类及特点

### 1. 自恢复熔断器的特点

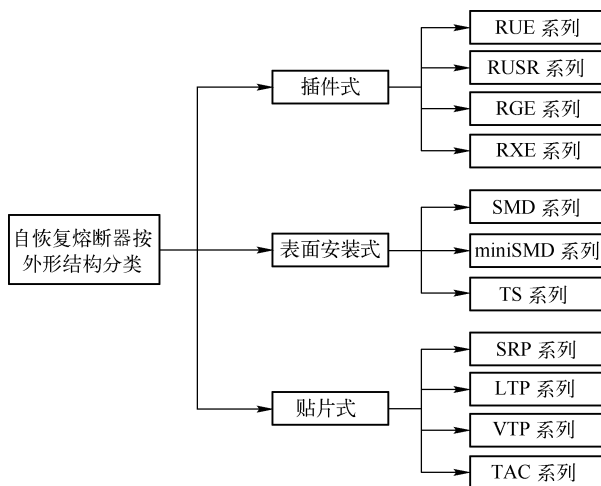
自恢复熔断器(见右图)是一种具有过电流、过热保护功能的新型保护元件,可以多次重复使用。自恢复熔断器属于正温度系数的 PTC 热敏元件,由高分子聚合物及导电材料等混合制成,可以代替传统的普通熔断器。

在电路正常工作时,自恢复熔断器处于导通状态;当电路出现过电流时,自恢复熔断器自身温度将迅速上升,聚合材料受热后迅速进入高阻状态,由导体转变为绝缘体,从而切断电路中的电流;当故障排除、自恢复熔断器冷却后,它又呈低阻状态,自动接通电路。



## 2. 自恢复熔断器的分类

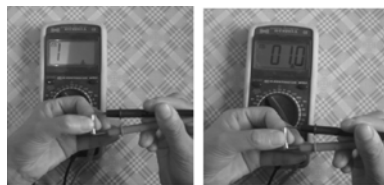
自恢复熔断器按外形结构分类,可分为插件式、表面安装式和贴片式三种类型,如下图所示。



### 12.2.4 熔断器的检测

#### 1. 普通熔断器的检测

先用观察法查看其内部熔丝是否熔断、是否发黑,两端封口是否松动等,若有上述情况,则表明熔断器已损坏。也可用万用表电阻挡直接测量,其两端金属封口阻值应为0,否则判定所测熔断器已损坏,如右图所示。



损坏

正常

#### 2. 热熔断器的检测

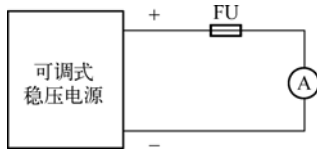
用万用表检测热熔断器的方法与普通熔断器的检测方法相同。

#### 3. 自恢复熔断器的检测

自恢复熔断器正常时的常温阻值为  $0.02 \sim 5.5\Omega$ 。容量(电流)越小,常温阻值越高。常用加热法或电流法进行检测。

##### 1) 电流法

电流法检测需要增加测试电路,测试电路如右图所示。配置一台输出电流大于自恢复熔断器容量( $I_H$ )的可调式稳压电源,然后把自恢复熔断器、万用表电流挡(测量范围要大于  $I_H$ )与测试电源串联起来。然后将可调式稳压电源慢慢从0V逐渐调高,当万用表的读数大于  $I_H$  时电源电压就立即减小,表明自恢复熔断器已经进入保护状态;此后,关断稳压电源,过一段时间后阻值应恢复至常温低阻。测量时,若有上述规律,则认为自恢复熔断器正常,否则判断所测熔断器已损坏。



##### 2) 加热法

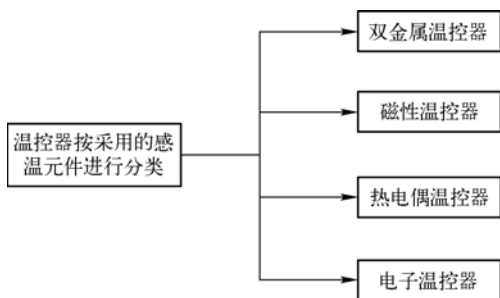
将万用表置于低阻挡,先测量其常温阻值;然后将热源(如吹风机、电烙铁)靠近自

恢复熔断器，再次测量其热态阻值，此时阻值应不断增大；然后撤掉热源，过一段时间后阻值应恢复至常温低阻。测量时，若有上述规律，则认为自恢复熔断器正常，否则判断所测熔断器已损坏。

## 12.3 温控器

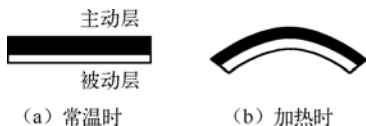
### 12.3.1 温控器的分类及特点

温控器一般是按采用的感温元件进行分类的，如下图所示。



#### 一、双金属温控器

将两种热膨胀系数相差很大的金属材料按特殊工艺辗压在一起便制成双金属片。其中热膨胀系数大的称为主动层，热膨胀系数小的称为被动层。在常温时，两金属内部无应力，因此不发生形变；当加热时，由于两金属材料膨胀系数不一样，产生内应力，从而引起形变，使主动层向被动层一面弯曲形变，而产生弹力，如右图所示。



双金属片根据实际的需要，经二次加工后可制作各种形状，常见的有直条形、U形及碟形等几种形状，如下图所示。

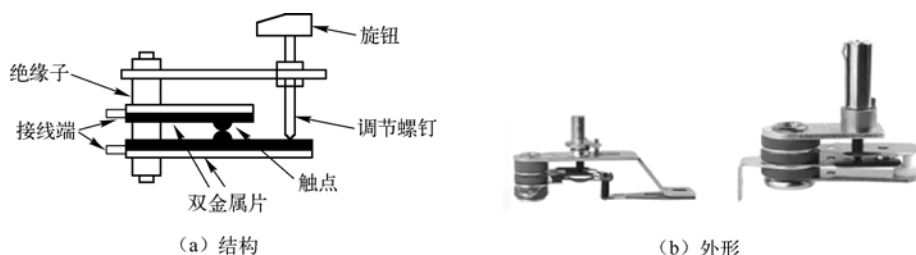


双金属片是一种热驱动电气元件，它将热量转换成机械位移量的变化，也就是说，它的动作驱动力是热源。利用双金属片形状随温度的变化而改变这一特性，便可制成温控器中的感温元件。

双金属温控器的热源有以下三种。

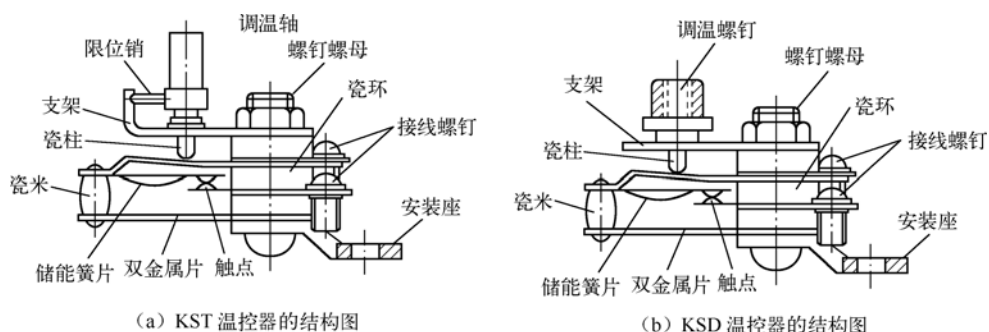
- (1) 环境传热：指双金属片周围介质（如空气）通过热辐射方式传给双金属片热量。
- (2) 热源加热：将一个电热元件设置在金属片的周围，它所产生的热量以对流和辐射的方式传给双金属片。
- (3) 自身发热：让工作电流直接地或部分地流过双金属片，利用双金属片本身的电阻发热。

有调温功能的双金属温控器接触点的形式可分为动合触点（常开触点）和动断触点（常闭触点）两种，其结构和外形如下图所示。接触点离合的动作方式可分为慢动式、闪动式和突跳式三种。

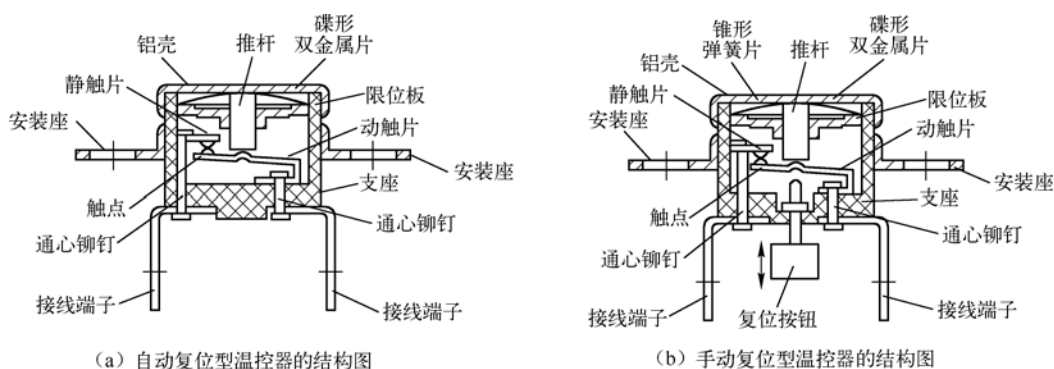


慢动式温控器又可分为温度可调和温度定值两类，型号分别是 KMT 和 KMD，其中 K 为温控器代号，M 表示慢动式，T 表示温控器使用温度为变值，D 表示温控器使用温度为定值。

闪动式温控器是一种新型温控器，基本克服了慢动式温控器的缺点。闪动式温控器分温度可调和温度定值两类，型号分别是 KST 和 KSD，其中 K 为温控器代号，S 表示闪动式，T 表示温控器使用温度为变值，D 表示温控器使用温度为定值。常见的 KST 温控器的结构如下图（a）所示；KSD 温控器的结构如下图（b）所示。



突跳式温控器是一种新型的双金属片温控器，分敞开式和密封式两类，其中密封式温控器又分自动复位型和手动复位型，自动复位型温控器的结构如下图（a）所示，手动复位型温控器的结构如下图（b）所示。



各种突跳式温控器的型号统称 KSD，温度均为分级定值，不能调节。它增加了锥形弹簧片和手动复位机构。突跳式温控器的外形结构如下图所示，各种型号双金属片温控器主要参数及应用参见表 12.5。



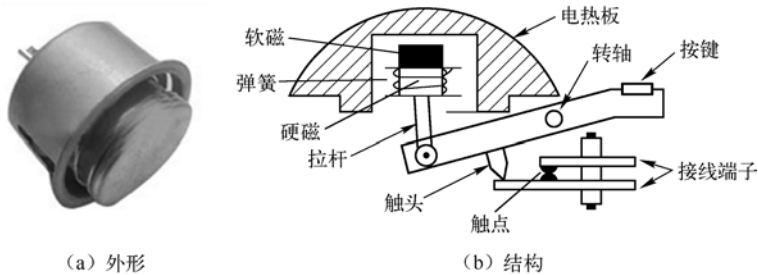


表 12.5 各种型号双金属片温控器主要参数及应用

型 号	最大额定电 压 (V)	最大额定 电流 (A)	温度控制范 围 (℃)	动作温度 (℃)	触点使用寿命 (次)	应 用 范 围
KMT 慢 动作温度 可调	AC250	5、10、15	常温~160 常温~250	180 300	> 35000	电熨斗、电烤箱、电热锅、 电热风机等调温
KMD 慢 动作温度 定值	AC250	5、10、15	常温~160 常温~250 (定值任选)	180 300	> 35000	电熨斗、电热风机等调温和 控温
KST 闪动 式温度可 调	AC250	5、10、15	常温~160 常温~250	180 300	> 35000	电熨斗、电烤箱、电热锅、 电开水器等调温
KSD 闪动 式温度定 值	AC250	5、10、15	常温~160 常温~250 (定值任选)	180 300	> 35000	电饭锅、电压力锅、电热 锅、电暖器、电咖啡壶等保 温、恒温、限温
KSD 突跳 式敞开型	AC250	7、15	50~160 (定 值任选)	180	> 35000	吹风机、暖风机、暖手器、 排气扇、食品加工机、电动机 等过热保护
KSD 突跳 式密封型 自动复位	AC250	5、10、15	50~150 (定 值任选)	150	> 40000	微波炉、电磁炉、电子消毒 柜、饮水机、电暖器等控温； 各种电热器的过热保护等
KSD 突跳 式密封型 手动复位	AC250	5、10、15	50~130 (定 值任选)	150	> 6000	

二、磁性温控器

磁性温控器（见下图）是利用磁性材料的磁性随温度变化而变化的特性制成的。铁、镍等一些铁磁材料在常温下可以被磁化而与磁铁相吸，当温度升高到某一数值时，导磁性会急剧下降，最终磁性会完全消失而变成一般的非磁性物质，该温度称为居里温度点。



三、电子温控器

电子温控器（见下图）大多采用负温度系数的热敏电阻作为感温元件。负温度系数热

敏电阻（NTC）的阻值随温度的升高而明显减小，利用这一特性，常将 NTC 接在由分立元件、集成电路或单片微处理器构成的输入电路中，将温度的变化转换为电量的变化，然后经电路放大，驱动执行机构动作，实现对电热元件的控制。



### 12.3.2 温控器的检测

#### 1. 双金属温控器的检测

首先进行直观法检查，如温控器校准螺钉是否松动，若有松动则重新进行调整，调整后点漆封固；接着检查温控器是否老化、触点是否氧化或电弧烧熔粘合等。在仔细检查触点接触后，用油石或细砂纸将触点打磨修正。同时，检查温控器、调温旋钮是否损坏等。

在常温下，双金属温控器触点是闭合的，当用万用表电阻挡测量时，其阻值应很小。

#### 2. 磁控式温控器的检测

首先进行直观法检查，如按键是否灵活、连杆和杠杆是否变形、触点是否烧焦等。磁控式温控器在按下启动开关时，触点开关的电阻也应为零。

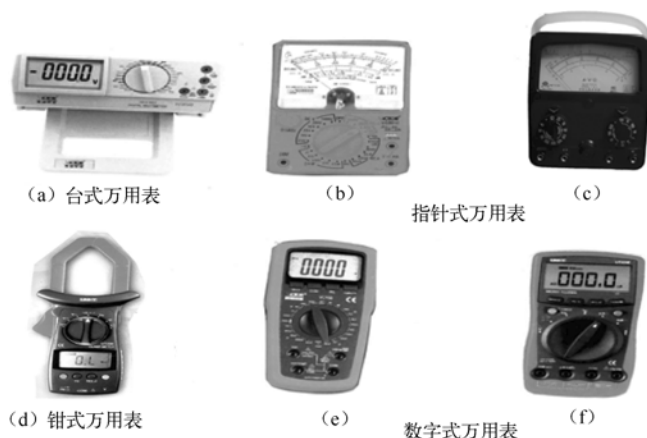
#### 3. 电子式温控器的检测

电子式温控器的主要采温元件是热敏电阻（测温探头），热敏电阻的检测可参考第 1 章有关内容。若热敏电阻本身正常，就要对其放大电路进行检测或维修。

## 附录 A 万用表简介及使用方法

### 一、万用表简介

万用表又称复用表或三用表，是一种多量程和多种电量的便携式复用电气测量仪表。万用表种类很多，外形各异，但基本结构和使用方法是相同的。按其内部结构划分，常用的万用表有指针式和数字式两种。按外形划分，有台式、钳式、手持式和袖珍式等。各种常见万用表的外形如 F 图 1 所示。



F 图 1 常见万用表的外形

万用表由于可作多种测量，因此必须由转换装置把仪表的电路转换为所选定的测量种类与量程。转换装置通常由选择开关（测量种类、量程选择开关）、接线柱、按钮、插孔等组成。选择（转换）开关是一个多挡位的旋转开关，用于选择测量项目和量程。

万用表的表笔，一般分为红、黑两支，使用时红表笔应插入标有正号（+）的插孔，黑表笔应插入标有负号（-或\*）的插孔。

### 二、指针式万用表

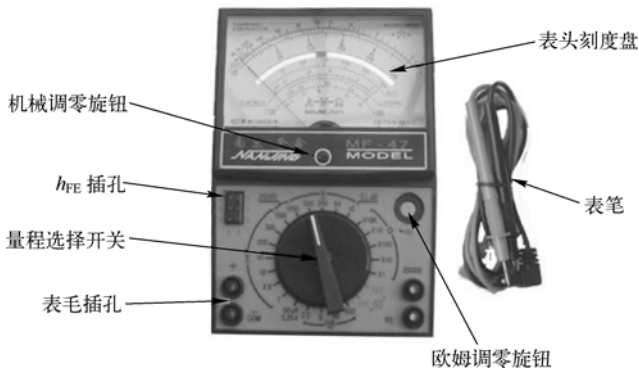
#### 1. 指针式万用表的特点

指针式万用表在结构上由三部分组成：指示部分（表头）、测量电路、转换装置。国产

指针式万用表的型号有近百种之多，常见型号有 MF30、MF47、MF50、MF500 型等。下面主要介绍 MF47 型万用表。



MF47 型万用表是设计新颖的磁电系整流便携式多量程万用表。可用于测量直流电流、交/直流电压、直流电阻等，具有 26 个基本量程，以及电平、电容、电感、晶体管直流参数等 7 个附加参考量程，是量程多、分挡细、灵敏度高、体积轻巧、性能稳定、过载保护可靠、读数清晰、使用方便，适合电子仪器、无线电通信、电工、工厂、实验室等使用的万用表。

MF47 型万用表的外形结构如 F 图 2 所示，面板各部分的功能参见 F 表 1，其刻度盘如 F 图 3 所示。



F 图 2 MF47 型万用表的外形结构

F 表 1 MF47 型万用表面板各部分功能

面 板 部 分	功 能
表头标度盘	表头面板上有多条刻度线，主要用于电压、电流、电阻、电平等的测量读数
机械调零旋钮	用于校正表针在左端的零位
欧姆调零旋钮	用于校正测量电阻时的欧姆零位（右端）
量程选择开关	用于选择和转换测量项目和量程：“mA”——直流电流；“V”——直流电压；“  ”——交流电压；“Ω ”——电阻
表笔插孔	将红、黑表笔分别插入“+”、“-”插孔中，如测量交/直流 2500V 或直流 5A 时，红表笔插头则应分别插到标有“2500  ”或“5A”的插孔中
hFE 插孔	三极管检测的插孔
提把	用来携带或作倾斜支撑，便于读数

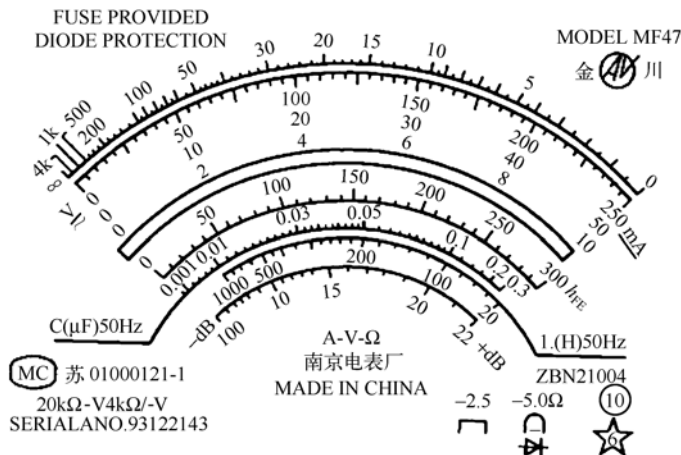
刻度盘共有六条刻度，从上往下，第一条专供测量电阻之用；第二条供测量交流电压、直流电流之用；第三条供测量晶体管放大倍数之用；第四条供测量电容之用；第五条供测量电感之用；第六条供测量音频电平之用。刻度盘上装有反光镜，用于消除视差。

2. 指针式万用表的使用方法

1) 直流电流的测量

(1) 选择量程。万用表直流电流挡标有“mA”，通常有 1mA、10mA、100mA、500mA

等不同量程, 选择量程时根据电路中的电流大小而定。若不知电流大小, 应先用最高电流挡量程, 然后逐渐减小到合适的电流挡。



F 图 3 MF47 型万用表刻度盘

(2) 测量方法。将万用表与被测电路串联, 电路相应部分断开后, 将万用表表笔串联在断点的两端。红表笔接在与电源正极相连的断点, 黑表笔接在与电源负极相连的断点。

(3) 正确读数。待表针稳定后, 仔细观察刻度盘, 找到相对应的刻度线, 正视刻度线, 读出被测电流值。

#### 2) 直流电压的测量

(1) 选择量程。万用表直流电压挡标有“V”, 通常有 2.5V、10V、50V、250V、500V 等不同量程, 选择量程时应根据电路中电压的大小而定。若不知电压大小, 应先选用最高电压挡量程, 然后逐渐减小到合适的电压挡。

(2) 测量方法。将万用表与被测电路并联, 且红表笔接被测电路的正极 (高电位), 黑表笔接被测电路的负极 (低电位)。

(3) 正确读数。待表针稳定后, 仔细观察刻度盘, 找到相对应的刻度线, 正视刻度线, 读出被测电压值。

#### 3) 交流电压的测量

交流电压的测量方法与上述直流电压的测量方法相似, 不同之处在于交流电压挡标有“~”, 通常有 10V、50V、250V、500V 等不同量程; 测量时, 不区分红、黑表笔, 只要并联在被测电路两端即可。

#### 4) 电阻的测量

(1) 选择量程倍率。万用表的欧姆挡通常设置多量程, 一般有  $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1k$  及  $R \times 10k$  五挡量程。欧姆刻度线是不均匀的 (非线性), 为了减小误差, 提高精确度, 应合理选择量程, 使指针指在满量程刻度线的  $1/3 \sim 2/3$  之间。

(2) 欧姆调零。选择量程后, 应将两表笔短接, 同时调节“欧姆调零旋钮”, 使指针正好指在欧姆刻度线右边的零位置。若指针调不到零位, 可能是表内电池电压不足或其内部有问题。每选择一次量程, 都要重新进行欧姆调零。

(3) 读数。测量时, 待表针停稳后读取读数, 然后乘以倍率, 就是所测量的电阻值。

### 三、数字式万用表

#### 1. 数字式万用表的特点

数字式万用表的种类很多。按工作原理分,有比较型、积分型、V/T 型、复合型等;按使用方式和外形分,有台式、便携式、袖珍式、笔式和钳式等,其中袖珍式应用较为普遍;按量程转换方式分,有自动量程转换式和手动量程转换式;按用途与功能分,有低挡型、中挡型和智能型。数字式万用表的外形如 F 图 4 所示。



F 图 4 数字式万用表的外形图

数字式万用表的最大特点表现为:采用数字化测量技术,并以数字形式显示;准确度高、分辨力高、灵敏度高、输入阻抗高等。

##### 1) 显示位数及显示特点

液晶显示位数通常有  $2\frac{1}{2}$  位、3 位、 $3\frac{1}{2}$  位、 $3\frac{2}{3}$  位、 $3\frac{3}{4}$  位、 $4\frac{1}{2}$  位、 $4\frac{3}{4}$  位、 $5\frac{1}{2}$  位、 $6\frac{1}{2}$  位、 $7\frac{1}{2}$  位、 $8\frac{1}{2}$  位,共 11 种,其中最常见的是  $3\frac{1}{2}$  位和  $4\frac{1}{2}$  位两种。

$3\frac{1}{2}$  位,读作“三位半”,最大显示值是  $\pm 1999$  (四位),最高位 (最前面的一个数字) 只能是“0”或“1”。

$3\frac{2}{3}$  位,读作“三又三分之二位”,最大显示值是  $\pm 2999$ ,最高位只能显示从 0~2 三个数字。在同样情况下它们的量限要比  $3\frac{1}{2}$  位位数万用表高 50%。

$4\frac{1}{2}$  位数字仪表,最大显示值为  $\pm 19999$ ,其余依次类推。

常见数字式万用表采用字高为 12.5mm 的液晶显示器 LCD,目前一些新型号产品均采用字高 18mm 的大屏幕 LCD。同时,新型数字式万用表大多增加了标志符显示功能,包括单位符号 (如 mV、V、kV、A 等),测量项目符号 (如 AC、DC 等),特殊符号 (如低电压 LOBAT,蜂鸣器等)。

##### 2) 测量功能全

多功能数字式万用表不仅可以测量直流电压 (DCV)、交流电压 (ACV)、直流电流 (DCA)、交流电流 (ACA)、电阻 ( $\Omega$ )、二极管正向压降 ( $U_F$ )、晶体管共发射极电流放大系数 ( $h_{FE}$ ),还可以测量电容量 (C),电导 (nS)、温度 (T)、频率 (kHz),还有用于检查电路通断的蜂鸣器挡 (BZ)、低功率法测电阻挡 (LOQ),有的数字式万用表 (如 DT810 型) 还能输出 50Hz 方波信号,作为低频信号源使用。DT860D 型数字式万用表具有 AC/DC 自动转换功能,DT880 型和 VC98 型可实现电容挡自动转换量程。

新型数字式万用表大多增加了新颖实用的测试功能，包括读数保持（DATAHOLD）、逻辑测试（LOCIC）、真有效值测量（TRMS）、相对值测量（RELO）、自动关机（AUTO OFF POWER）等。

## 2. 数字式万用表的使用方法

### 1) 使用中的注意事项

测量电阻时，红表笔为测试源正端，黑表笔为测试源负端，这一点与指针式万用表恰好相反。

测量交直流电压时，在有“交流”干扰的情况下，黑表笔一定要接地，因为黑表笔接着表内屏蔽罩，可防上环境对万用表正常工作的干扰。

严禁在测量高电压或大电流的过程中拨动开关，以防电弧烧坏转换开关的触点。

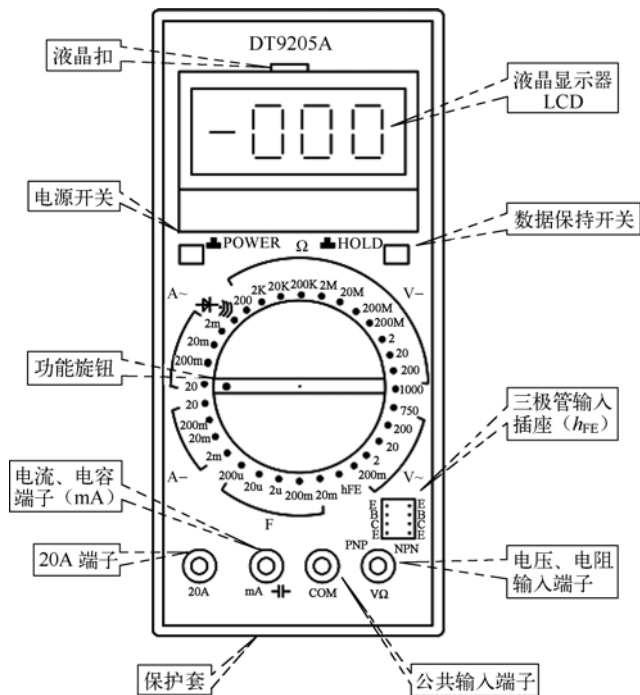
选择电压测量功能时，要求选择准确，防止误接，如果误用交流电压挡去测直流电压，或误用直流电压挡去测交流电压，将显示“000”，或在低位上出现跳字。

用低挡测电阻（如用  $200\Omega$  挡）时，为精确测量，可先将两表笔短接，测出两表笔的引线电阻，并根据此电阻值修正测量结果。

在测量电压、电流时，若屏上的数值为“1”，则表明量程太小，应加大量程后再测；若在数值左边出现“-”，则表明表笔极性与实际电源极性相反，此时红表笔接的是负极。

### 2) 数字式万用表的基本使用方法

F 图 5 是普通 DT9205A 型数字式万用表的表盘，下面以这种表盘为例来说明数字式万用表的基本使用方法。



F 图 5 DT9205A 型数字式万用表的表盘

(1) 测量直流电压。将电源开关 **POWER** 按下；然后将量程选择开关拨到“DCV”区域

内合适的量程挡；红表笔应插入“V/Ω”插孔，黑表笔插入“COM”插孔；这时以并联方式进行直流电压的测量，便可读出显示值，红表笔所接的极性将同时显示于液晶显示屏上。

(2) 测量交流电压。将电源开关 POWER 按下；然后将量程选择开关拨到“ACV”区域内合适的量程挡；表笔接法和测量方法同上，但无极性显示。

(3) 测量直流电流。将电源开关 POWER 按下，然后将功能量程选择开关拨到“DCA”区域内合适的量程挡，红表笔插入“mA”插孔（被测电流 $\leq 200\text{mA}$ ）或接“20A”插孔（被测电流 $>200\text{mA}$ ），黑表笔插入“COM”插孔，将数字式万用表串联于电路中即可进行测量，红表笔所接的极性将同时显示于液晶显示屏上。

(4) 测量交流电流。将功能量程选择开关拨到“ACA”区域内合适的量程挡，其余的操作方法与测量直流电流的方法相同。

(5) 测量电阻。按下电源开关 POWER，将功能量程选择开关拨到“Ω”区域内合适的量程挡上，红表笔插入“V/Ω”插孔，黑表笔插入“COM”插孔，将两表笔接于被测电阻两端进行电阻测量，便可读出显示值。

(6) 测量二极管。按下电源开关 POWER，将功能量程选择开关拨到二极管挡，红表笔插入“V/Ω”插孔，黑表笔插入“COM”插孔，即可进行测量。测量时，红表笔接二极管正极，黑表笔接二极管负极，两表笔的开路电压为 2.8V，测试电流为  $(1.0 \pm 0.5) \text{mA}$ 。当二极管正向接入时，锗管应显示 0.150~0.300V，硅管应显示 0.550~0.700V；若显示溢出符号，表示二极管内部断路；若显示为零，表示二极管内部短路。

(7) 检查线路通断。按下电源开关 POWER，将功能量程选择开关拨到蜂鸣器挡，红表笔插入“V/Ω”插孔，黑表笔插入“COM”插孔，红、黑两表笔分别接于被测导体两端，若被测线路电阻低于规定值，蜂鸣器发出声音，表示线路是通的。

(8) 测量三极管。按下电源开关 POWER，将功能量程选择开关拨到“NPN”或“PNP”挡，确认晶体管是“NPN”还是“PNP”型三极管，然后将三极管的三个引脚分别插入“ $h_{FE}$ ”插座对应的孔内即可进行测量。

(9) 测量电容。把功能量程选择开关拨到所需要的电容挡位置，按下电源开关 POWER，测量电容前，仪表将慢慢地自动回零；将红表笔插入“mA、 $\text{—}||\text{—}$ ”插孔，黑表笔插入“COM”插孔；然后将测量表笔连接到待测电容的两端，并读出显示值。

(10) 数据保持功能。按下仪表上的数据保持开关（HOLD），正在显示的数据就会保持在液晶显示屏上，即使输入信号变化或消除，数值也不会改变。

附录 B 常用半导体三极管的主要参数


常用半导体塑封硅三极管 9011~9018 的主要参数参见 F 表 2。

F 表 2 常用半导体塑封硅三极管 9011~9018 的主要参数

型 号		(3DG) 9011	(3CX) 9012	(3DX) 9013	(3DG) 9014	(3CG) 9015	(3DG) 9016	(3DG) 9018
极 限 参 数	$P_{CM}(\text{mW})$	200	300	300	300	300	200	200
	$I_{CM}(\text{mA})$	20	300	300	100	100	25	20
	$BV_{CBO}(\text{V})$	20	20	20	25	25	25	30



续表

型 号		(3DG) 9011	(3CX) 9012	(3DX) 9013	(3DG) 9014	(3CG) 9015	(3DG) 9016	(3DG) 9018
极 限 参 数	$BV_{CEO}(V)$	18	18	18	20	20	20	20
	$BV_{EBO}(V)$	5	5	5	4	4	4	4
直 流 参 数	$I_{CBO}(\mu A)$	0.01	0.5	0.5	0.05	0.05	0.05	0.05
	$I_{CEO}(\mu A)$	0.1	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5
	$I_{EBO}(\mu A)$	0.01	0.5	0.5	0.05	0.05	0.05	0.05
	$V_{CES}(V)$	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.35
	$V_{BES}(V)$		1	1	1	1	1	1
	$h_{FE}$	30	30	30	30	30	30	30
交 流 参 数	$f_T(MHz)$	100			80	80	500	600
	$C_{ob}(pF)$	3.5			2.5	4	1.6	4
	$K_P(dB)$							10
$h_{FE}$ 色标分挡		(红)30~60 (绿)50~110 (蓝)90~160 (白)>150						
引 脚								

部分进口三极管用字母表示的 $\beta$ 值参见 F 表 3。

F 表 3 部分进口三极管用字母表示的 $\beta$ 值

型 号	字 母								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
9011, 9018				29~44	39~60	54~80	72~108	97~146	132~198
9012, 9013				64~91	78~112	96~135	116~118	144~202	180~350
9014, 9015	60~150	100~300	200~600	400~1000					
8050, 8550		85~160	120~200	160~300					
5551, 5401	82~160	150~240	200~395						
BU406	30~45	35~85	75~125	115~200					
2SC2500	140~240	200~330	300~450	420~600					
BC546, BC547	110~220	200~450	420~800						
BC556, BC557	110~220	200~450	420~800						

附录 C 常用 1N 系列二极管的主要参数

常用 1N 系列二极管的主要参数参见 F 表 4。

F 表 4 常用 1N 系列二极管的主要参数

型 号	最高反向工 作电压 (V)	最大正向 整流电流 (A)	最大正向 峰值浪涌 电流 (A)	最大反向 电流 ( $\mu$ A)	最大正向 压降 (V)	外形尺寸(mm)		
						<i>H</i>	<i>D</i>	<i>d</i>
1N4001	50	1.0	30	1.1	1.1	4.1 5.2	2, 2.7	0.71, 0.86
1N4002	100							
1N4003	200							
1N4004	400							
1N4005	600							
1N4006	800							
1N4007	1000	1.5	50	5.0	1.4	5.8 7.6	2.6, 3.6	0.71, 0.86
1N5391	50							
1N5392	100							
1N5393	200							
1N5394	300							
1N5395	400							
1N5396	500							
1N5397	600							
1N5398	800							
1N5399	1000							
1N5400	50	3.0	200	0.95	0.95	7.2 9.8	4.8, 5.3	1.2, 1.3
1N5401	100							
1N5402	200							
1N5404	400							
1N5406	600							
1N5407	800							
1N5408	1000							

附录 D 常用稳压二极管的主要参数

常用稳压二极管的主要参数参见 F 表 5。

F 表 5 常用稳压二极管的主要参数

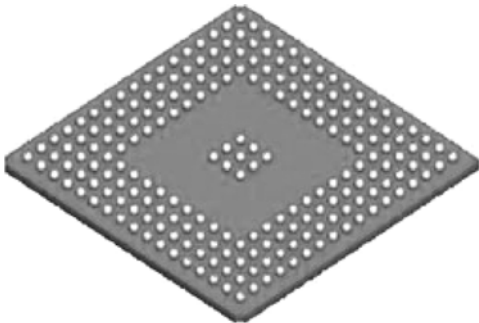
型 号	稳压值 (V)	动态电阻 ( $\Omega$ )	稳定电流 (mA)	反向电流 ( $\mu$ A)
1N4728	3.3	10	76	100
1N4729	3.6	10	69	100

续表

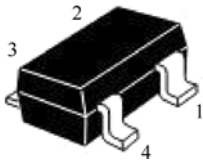
型 号	稳压值 (V)	动态电阻 ( $\Omega$ )	稳定电流 (mA)	反向电流 ( $\mu\text{A}$ )
1N4730	3.9	9.0	64	50
1N4731	4.3	9.0	58	10
1N4732	4.7	8.0	53	10
1N4733	5.1	7.0	49	10
1N4734	5.6	5.0	45	10
1N4735	6.2	2.0	41	10
1N4736	6.8	3.5	37	10
1N4737	7.5	4.0	34	10
1N4738	8.2	4.5	31	10
1N4739	9.1	5.0	28	10
1N4740	10	7.0	25	10

附录 E 常用元器件封装图

- 1. BGA 封装 (见 F 图 6)
- 2. CMPAK-4 封装 (见 F 图 7)

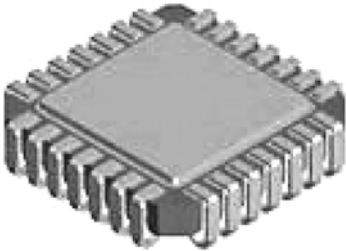


F 图 6 BGA 封装

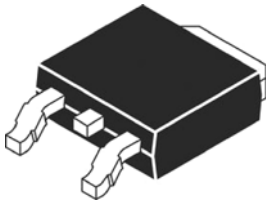


F 图 7 CMPAK-4 封装

- 3. CLCC 封装 (见 F 图 8)
- 4. D<sup>2</sup>-PAK(TO-263)封装 (见 F 图 9)



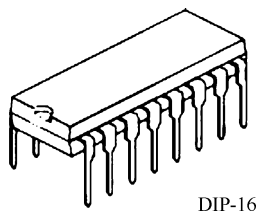
F 图 8 CLCC 封装



F 图 9 D<sup>2</sup>-PAK(TO-263) 封装

5. DIP 封装 (见 F 图 10)

6. DO-203AA 封装 (见 F 图 11)



F 图 10 DIP 封装



F 图 11 DO-203AA 封装

7. DO-203AB 封装 (见 F 图 12)

8. DO-204AH 封装 (见 F 图 13)

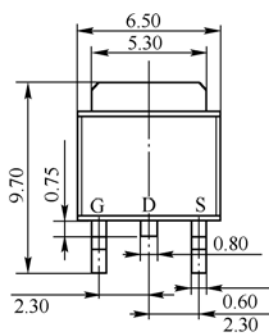
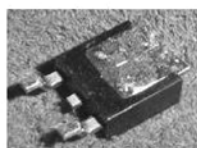


F 图 12 DO-203AB 封装



F 图 13 DO-204AH 封装

9. D-PAK 封装 (见 F 图 14)



D-PAK (TO-252) 封装

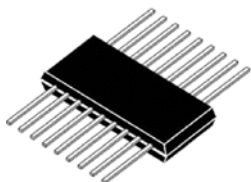


PCB 焊盘

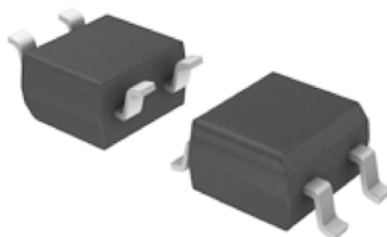
F 图 14 D-PAK 封装

10. Flat Pack 封装 (见 F 图 15)

11. MBS 封装 (见 F 图 16)



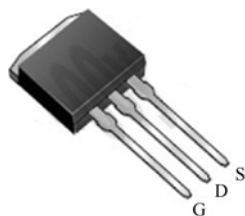
F 图 15 Flat Pack 封装



F 图 16 MBS 封装

12. I<sup>2</sup>-PAK(TO-262)封装 (见 F 图 17)

13. SC70-6 封装 (见 F 图 18)



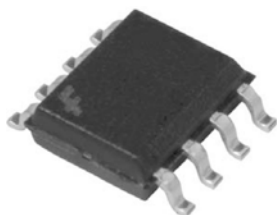
F 图 17 I<sup>2</sup>-PAK(TO-262)封装



F 图 18 SC70-6 封装

14. SO-8 封装 (见 F 图 19)

15. SOD-123 封装 (见 F 图 20)



F 图 19 SO-8 封装



F 图 20 SOD-123 封装

16. SOT-227 封装 (见 F 图 21)

17. SOT-23 封装 (见 F 图 22)



F 图 21 SOT-227 封装



F 图 22 SOT-23 封装

18. SOT443 封装 (见 F 图 23)

19. TO-220 封装 (见 F 图 24)



F 图 23 SOT443 封装



F 图 24 TO-220 封装

20. TO-225AA 封装 (见 F 图 25)

21. TO-247AC 封装 (见 F 图 26)

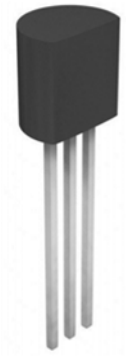


F 图 25 TO-225AA 封装



F 图 26 TO-247AC 封装

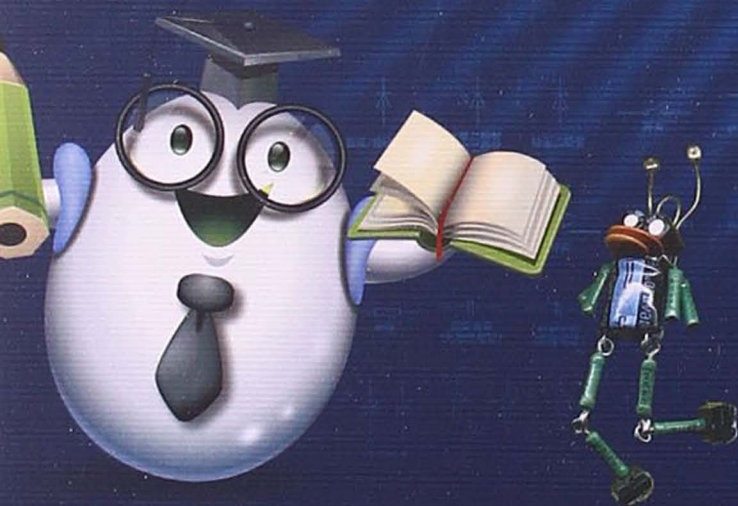
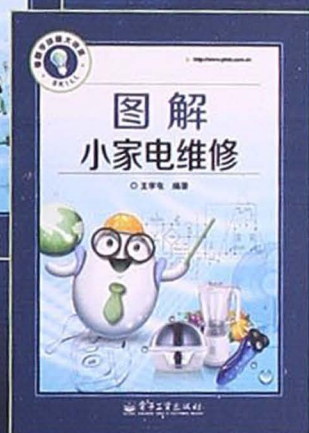
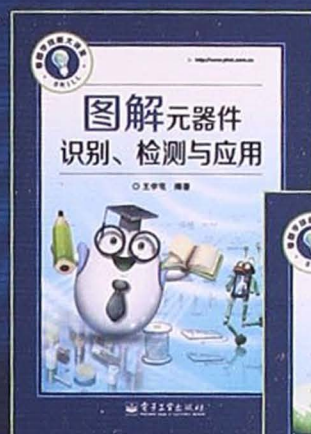
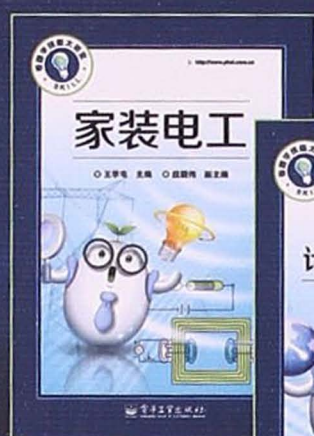
22. TO-92 封装 (见 F 图 27)



F 图 27 TO-92 封装

## 参 考 文 献

- [1] 王学屯. 常用元器件的识别与检测. 北京: 电子工业出版社, 2010.
- [2] 王学屯. 现代电子工艺技术. 北京: 电子工业出版社, 2011.
- [3] 许小菊, 等. 图解贴片元器件技能技巧问答. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [4] 无线电杂志社. 无线电元器件精汇. 北京: 人民邮电出版社, 2005.
- [5] 黄继昌. 常用电子元器件实用手册. 北京: 人民邮电出版社, 2009.
- [6] 赵广林. 常用电子元器件识别/检测/选用一读通. 北京: 电子工业出版社, 2011.



电子信息出版分社微博  
<http://weibo.com/etpublish>



策划编辑: 柴 燕  
责任编辑: 桑 昀  
封面设计: 徐海燕

ISBN 978-7-121-20824-9



9 787121 208249 >

定价: 39.80元